



Optimal kvælstoftildeling til korn – responsfunktioner og metode til produktionsøkonomisk analyse af landsforsøgene med kvælstoftildeling til vinterhvede

Ørum, Jens Erik; Thomsen, Ingrid Kaag; Knudsen, Leif

Publication date:
2018

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Ørum, J. E., Thomsen, I. K., & Knudsen, L. (2018). *Optimal kvælstoftildeling til korn – responsfunktioner og metode til produktionsøkonomisk analyse af landsforsøgene med kvælstoftildeling til vinterhvede*. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Dokumentation Nr. 2018/1

IFRO Dokumentation



Optimal kvælstoftildeling til korn –
responsfunktioner og metode til
produktionsøkonomisk analyse af
landsforsøgene med
kvælstoftildeling til vinterhvede

*Jens Erik Ørum
Ingrid Kaag Thomsen
Leif Knudsen*

Det skal bemærkes, at nærværende dokumentation i en udbygget og opdateret form vil blive udgivet som rapport i 2019.

Udgivelsen af dokumentationen sker for at sikre mest mulig transparens i rådgivningsarbejdet.

IFRO Dokumentation 2018 / 1

Optimal kvælstoftildeling til korn – responsfunktioner og metode til produktionsøkonomisk analyse af landsforsøgene med kvælstoftildeling til vinterhvede

Forfattere: Jens Erik Ørum (IFRO-KU), Ingrid Kaag Thomsen (AGRO-AU), Leif Knudsen (SEGES)

Denne dokumentation er et metodestudie bestilt af Landbrugsstyrelsen i 2016

Udgivet december 2018

Se øvrige udgivelser i serien IFRO Dokumentation her:

http://www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/dokumentation/

Se myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

KØBENHAVNS
UNIVERSITET



AARHUS
UNIVERSITET



SEGES

Optimal kvælstoftildeling til korn – responsfunktioner og metode til produktionsøkonomisk analyse af landsforsøgene med kvælstoftildeling til vinterhvede

Jens Erik Ørum, IFRO-KU

Ingrid Kaag Thomsen, AGRO-AU

Leif Knudsen, SEGES

KØBENHAVNS
UNIVERSITET



AARHUS
UNIVERSITET



SEGES

1. Sammendrag og konklusion

Til brug for rådgivning om økonomisk optimal kvælstoftildeling samt udredning af omkostningerne ved en reduceret kvælstoftildeling (normreduktioner) er der afprøvet en række responsfunktioner og metoder til at estimere og udlede responsparametre. Funktionerne er afprøvet med data fra Landsforsøgene med stigende kvælstoftildeling til vinterhvede og vårbyg. Der er valgt en responsfunktion (IQP2), der er en såkaldt spline, der er sammensat af et andengradspolynomium (P2) og en invers kvadratisk funktion (IQ), der med agronomisk og produktionsøkonomisk relevante parametre dels giver en meget høj forklaringsgrad for de enkelte forsøg for kerne- og proteinudbytte i såvel vårbyg som vinterhvede, dels giver mulighed for en direkte, matematisk udledning af den økonomisk optimale kvælstoftildeling. Udbyttet i de enkelte forsøg kan beskrives med fem agronomisk og produktionsøkonomisk relevante parametre. De første to parametre beskriver udbyttepotentiale samt mineraliseret, plantetilgængeligt kvælstof pr. forsøg. Den tredje parameter beskriver den mængde (tildelt plus mineraliseret) kvælstof, der kræves for at opnå den maksimale udbytterespons. Den fjerde, produktionsøkonomisk relevante parameter beskriver, hvor meget tildelt plus mineraliseret kvælstof, der kræves for at opnå det maksimale udbytte. Endeligt kræves to generelle responsparametre, der beskriver, hvor meget kvælstof der kræves, før responsen går fra produktionsøkonomisk fase I til II, samt graden af udbyttetab ved tildeling af kvælstof ud over den mængde, der sikrer det maksimale udbytte.

Med den valgte funktionalitet (IQP2) og metode har det været muligt at beregne kvælstofnormer og kvælstofprognoser, der ligger meget tæt på, hvad der er indstillet af Normudvalget. I Normudvalgets indstillinger er kvælstofnormerne beregnet med anden- og tredjegrads polynomier (P2/3), mens kvælstofprognosen tager udgangspunkt i indsamlede jordprøver.

Der er etableret en generel model til forklaring af de udledte responsparametre på basis af klima, jordtype og sædskifte. Et væsentligt resultat af de gennemførte analyser på landsforsøgsdata og udvikling af forklaringsmodellen er, at der er store regionale, primært jordtype-, forfrugts- og klimabetingede, forskelle i såvel responsparametre som optimale kvælstoftildeling.

Det vurderes, at den anvendte metode og de gennemført efterfølgende analyser giver en agronomisk og produktionsøkonomisk velunderbygget forståelse af kvælstofrespons i vinterhvede. Model og metode vil

efter behov kunne forenkles, forbedres og anvendes på andre afgrøder, hvor der lige som for vinterhvede foreligger et stort forsøgsmateriale.

2. Introduktion og baggrund

Til brug for rådgivning om økonomisk optimal kvælstoftildeling samt til beregning af omkostningerne ved en reduceret kvælstoftildeling til landbrugsafgrøderne (normreduktion) er der et generelt behov for produktions- og responsfunktioner, der beskriver den funktionelle sammenhæng mellem kvælstoftildeling og udbytter. Særligt effekten af kvælstof til vinterhvede og vårbyg har gennem mere end 30 år været grundigt og systematisk afprøvet i Landsforsøgene (SEGES 2016). På baggrund af disse forsøg er der under Normudvalget udledt økonomisk optimale kvælstofnormer og forfrugtsværdier samt til brug for rådgivningstjenesten udledt diverse sammenhænge mellem kvælstoftildeling, kerne- og proteinudbytte i vinterhvede og vårbyg. Normudvalget har fokus på den økonomisk optimale tildeling til afgrøderne (kvælstofnormerne). Den optimale tildeling er imidlertid ikke stabil, men bestemmes af de aktuelle prisforhold og afregningsprincipper for afgrøde, protein og kvælstof, der varierer fra år til år. Det gælder desuden, at Normudvalget ikke beregner udbyttetab og omkostninger ved en eventuel normreduktion.

Formålet med nærværende dokumentation er, med kerne- og proteinudbytte for vinterhvede som eksempel, at demonstrere, hvorledes afgrødernes kvælstofrespons kan udtrykkes med simple, robuste, produktionsøkonomisk og agronomisk konsistente responsfunktioner, der nemt kan anvendes til rådgivning om økonomisk optimal kvælstof tildeling, normfastsættelse samt omkostninger ved en reduceret kvælstoftildeling.

Opgaven er et metodestudie bestilt af LBST i 2016 med henblik på, at IFRO kunne etablere dels et produktionsøkonomisk grundlag for beregning af optimal kvælstoftildeling samt omkostninger ved reduceret kvælstoftildeling til landbrugsafgrøderne, dels som muligt supplement til Normudvalgets analyser af samme. Bestillingen var rettet til IFRO, dog med et klar ønske om, at AU-AGRO og SEGES så vidt muligt skulle inddrages. Metodestudiet og analyserne er således gennemført af IFRO assisteret af AU-AGRO samt SEGES, der har stillet forsøgsdata til rådighed. Der har i såvel 2016 og 2017 været afholdt en række arbejdsmøder med hhv. SEGES og AU-AGRO, og arbejdet har undervejs i processen været præsenteret for Normudvalget, en arbejdsgruppe under Normudvalget samt en intern AU arbejdsgruppe.

Den primære målgruppe for nærværende dokumentation er forskere, konsulenter og medarbejdere ved IFRO, AU-AGRO, SEGES og LFST med tilknytning til Normudvalget. Der er gennemført tilsvarende analyser for vårbyg, men yderligere analyser samt dokumentation af metode mv. for vinterhvede og vårbyg udestår.

Det skal bemærkes, at nærværende dokumentation i en udbygget og opdateret form vil blive udgivet som rapport i 2019. Udgivelsen af dokumentationen sker for at sikre mest mulig transparens i rådgivningsarbejdet.

I afsnit 4-5 beskrives den udviklede responsfunktion, i afsnit 6 estimeres responsparametre for godt 900 landsforsøg med kvælstoftildeling til vinterhvede. I afsnit 7 beskrives en generel, klimabaseret model til forklaring af de estimerede parametre, og modellen kvalitetstestes i afsnit 8. I afsnit 9-12 udfoldes de regionale forskelle i responsparametrene og den optimale kvælstoftildeling.

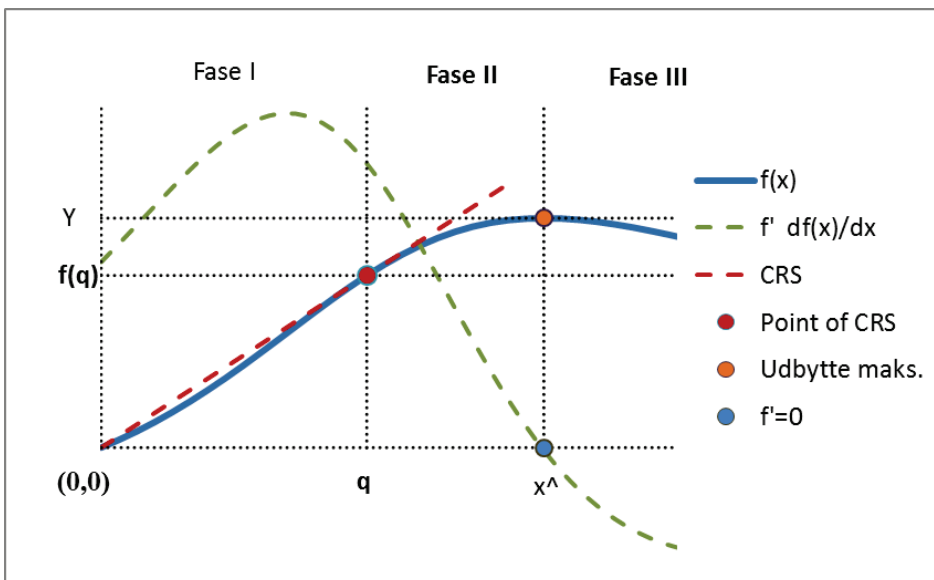
3. Indholdsfortegnelse

1. Sammendrag og konklusion
 2. Introduktion og baggrund
 4. Produktionsøkonomiske overvejelser
 5. Splejset responsfunktion med Liebig plateau
 6. Estimere responsparametre for enkeltforsøg
 7. En model til forklaring af responsparametre
 8. Sammenligning med SEGES og Normudvalgsberegninger
 9. Modelberegnet optimal kvælstoftildeling til vinterhvede med forfrugt korn
 10. Justeret og optimal N-tildeling samt udbytte, proteinindhold og nettoudbytte 2015
 11. Estimerede responsparametre for kerneudbytte
 12. Estimerede responsparametre for kvælstofoptagelse (kerneprotein)
 13. Uddrag fra LFST bestilling
- Referencer

4. Produktionsøkonomiske overvejelser

Klassisk produktionsøkonomisk responsfunktion

Med en klassisk produktionsøkonomisk tilgang, kan en produktionsfunktion opdeles i tre produktionsøkonomiske faser (I-III), hvor der i fase I er stigende skalaafkast, i fase II er aftagende skalaafkast, men positiv marginaludbytte og i fase III er negativ marginaludbytte (Figur 1).



Figur 1. Klassisk, produktionsøkonomisk responsfunktion $f(x)$ med tre produktionsøkonomiske faser (I-III). Konstant skalaafkast (Point of CRS) og maks. udbytte (Y) opnås ved tildeling af x svarende til hhv. q og \bar{x} .

Produktionsfunktionen skal, som den viste i Figur 1, være kontinuert og to gange differentiabel samt yde udbytte på nul ved nul input og yde et positivt udbytte ved alle input større end nul. Et økonomisk optimum vil altid findes i fase II, hvor der er aftagende, men positivt marginaludbytte. Produktionsfunktionen er defineret for alle positive input, voksende for alle positive input mindre end \bar{x} og aftagende, men positiv for alle input $> \bar{x}$. Det vil aldrig være økonomisk optimalt at tildele mindre end q og mere end \bar{x} pr. arealenhed. Ved et kvotebegrænset input, vil det således være økonomisk optimalt at tildele mængden q pr. arealenhed så langt kvoten rækker, mens det resterende areal lades ubehandlet. Selv ved et omkostningsfrit input skal input aldrig overstige \bar{x} . Det skal i øvrigt altid vurderes, om ingen tildeling og dermed ingen produktion er et økonomisk bedre alternativ. En økonomisk optimal tildeling vil med andre ord altid være nul ($x = 0$) eller findes i fase II ($x \in [q, \bar{x}]$).

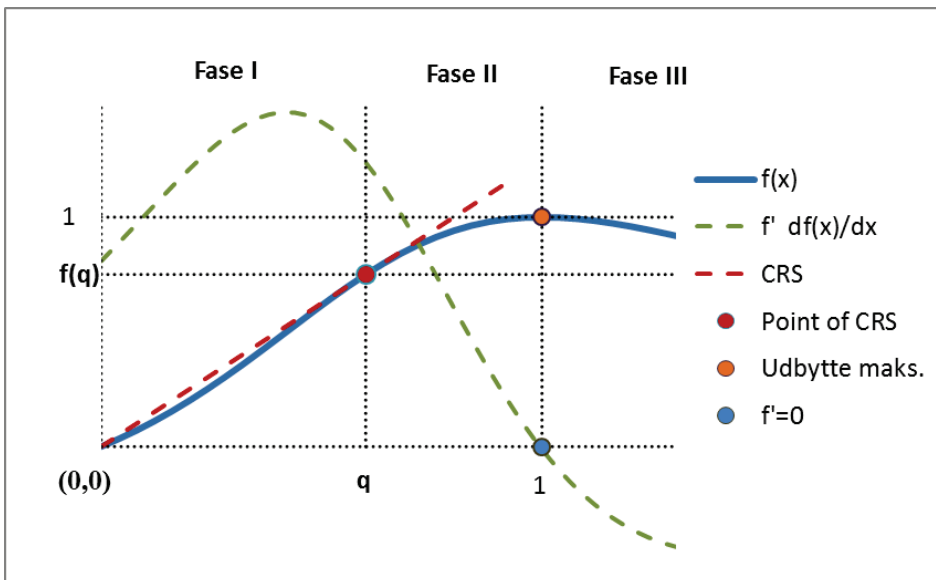
Normeret responsfunktion ($f(1) = 1$ og $f'(1) = 0$)

Det er valgt, at responsfunktionen skal udtrykkes ved responsparametrene q , Y og \bar{x} . Når det maksimale udbytte sættes til 1 og kvælstofinput n udtrykkes ved tildelt kvælstof x_{app} plus mineraliseret kvælstof x_0 relativt til \bar{x} , hvor $n = 1$ for $x_{app} + x_0 = \bar{x}$, fremkommer en normeret responsfunktion (Figur 2).

Det observerede udbytte y kan udtrykkes ved udbyttepotentialet Y gange det normerede udbytte

$$1) \quad y = Yf(n, q)$$

$$2) \quad n = \frac{x_{app} + x_0}{\bar{x}}$$



Figur 2. Normeret responsfunktion $f(x)$ med tre produktionsøkonomiske faser (I-III). Konstant skalaafkast (Point of CRS) og maks. udbytte (1) opnås ved tildeling af n svarende til hhv. q og 1.

Valg af responsfunktion

En invers kvadratisk-responsfunktion (IQ) (Ligning 3) opfylder alle ovenfor nævnte produktionsøkonomiske krav til en responsfunktion.

$$3) \quad \frac{f(n)}{n} = \frac{1}{an^2 + bn + c}$$

Når $f(1) = 1$ og $f'(1) = 0$ medfører det, at $b = a$ og $c = 1 - 2a$ og dermed

$$4) \quad f(n) = \frac{1}{an + \frac{a}{n} + 1 - 2a}$$

Når $f(q)/q = f'(q)$ i point of CRS medfører det, at $a = \frac{1}{2(1-q)}$ og dermed

$$5) \quad f(n) = \frac{1-q}{\frac{1}{2}\left(n + \frac{1}{n}\right) - q}$$

Responsfunktionen i Figur 2 er baseret på Ligning 5.

Når den inverse kvadratiske responsfunktion skives helt ud (afnormeres) gælder:

$$6) \quad y = Y \frac{1-q}{\frac{1}{2}\left(\frac{x_{app} + x_0}{\bar{x}} + \frac{\bar{x}}{x_{app} + x_0}\right) - q}$$

Et andengradspolynomium (Ligning 7) opfylder en del af ovennævnte produktionsøkonomiske krav til en responsfunktion.

$$7) \quad f(n) = an^2 + bn + c$$

Når $f(1) = 1$ og $f'(1) = 0$ medfører det, at $b = -2a$ og $c = 1 + a$ og dermed

$$8) \quad f(n) = an^2 - 2an + 1 + a$$

Når $f(q)/q = f'(q)$ i point of CRS medfører det, at $a = \frac{1}{q^2 - 1}$ og dermed fremkommer det normerede andengradspolynomium:

$$9) \quad f(n) = \frac{2n - n^2 - q^2}{1 - q^2} \quad \text{svarende til} \quad f(n) = 1 - \frac{(1-n)^2}{1 - q^2}$$

Det fremgår, at nul input medfører negativt udbytte når $q > 0$. I tilfælde af udtrykt fase I er denne funktion ikke egnet som responsfunktion.

$$10) \quad f(0) = -\frac{q^2}{1 - q^2}$$

Når andengrads polynomiet skives helt ud ("afnormeres") fremkommer:

$$11) \quad y = Y \frac{\left(2\frac{x_{app} + x_0}{\bar{x}} - \left(\frac{x_{app} + x_0}{\bar{x}}\right)^2 - q^2\right)}{1 - q^2} \quad \text{svarende til} \quad y = Y \left(1 - \frac{\left(1 - \frac{x_{app} + x_0}{\bar{x}}\right)^2}{(1 - q^2)}\right)$$

Økonomisk optimum

Til bestemmelse af det økonomiske optimum opstilles en profitfunktion (Ligning 12), hvor udbytte aflønnes med prisen p og input aflønnes med prisen w .

$$12) \quad \pi = pf(n) - wn$$

Det økonomiske optimum findes ved løsning af førsteordensbetingelsen (Ligning 13)

$$13) \quad \frac{d\pi}{dn} = 0 \Leftrightarrow pf' = w \Leftrightarrow f' = \frac{w}{p}$$

f' for det normerede inverse kvadratiske responsfunktion (Ligning 14)

$$14) \quad f' = -\frac{(1-q)\left(1-\frac{1}{n^2}\right)}{\left(\left(n+\frac{1}{n}\right)-2q\right)^2}$$

f' for det normerede andengradspolynomium (Ligning 15)

$$15) \quad f' = \frac{2-2n}{1-q^2}$$

Det fremgår at den optimale tildeling n^* kan udledes direkte fra det normerede andengradspolynomium, mens det kræver et indledende gæt og efterfølgende forbedrede gæt (newton-gauss) at beregne n^* for den normerede inverse kvadratiske responsfunktion.

For det normerede andengradspolynomium gælder:

$$16) \quad n^* = \frac{w(1-q^2)}{2p}$$

Med det fulde andengradspolynomium kan optimal kvælstoftildeling x_{app}^* beregnes:

$$17) \quad x_{app}^* = \bar{x} \left(1 - \frac{w\bar{x}(1-q^2)}{2pY} \right) - x_0$$

5. Splejset responsfunktion med Liebig plateau

Splejset responsfunktion (spline)

For at opnå en responsfunktion, der opfylder de produktionsøkonomiske betingelser, og hvor den optimale kvælstoftildeling kan udledes direkte, er det valgt at sammensætte (spline) fase I og III fra den inverse

kvadratiske responsfunktion med andengradspolynomiets fase II (Ligning 18) hvor $n = \frac{x_{app} + x_0}{\bar{x}}$:

$$18) \quad f(x) = \begin{cases} \frac{1-q}{\frac{1}{2}\left(n+\frac{1}{n}\right)-q}, & n \in [0, q] \text{ or } n \in [1, \infty] \\ \frac{2n-n^2-q^2}{1-q^2}, & n \in [q, 1] \end{cases}$$

Liebig plateau

I praksis kan fase I og fase III være fraværende. Når fase III er fraværende betyder det, at udbyttet ikke falder ved tildeling af en stor mængde kvælstof ($n > 1$). Med det normerede andengradspolynomium og den normerede invers kvadratiske responsfunktion er det marginale udbytte i fase III implicit givet. For at give plads til en eksplicit hældning i fase III (og mulighed for at kunne teste for et Liebig plateau) kan der tilføjes en plateauparameter k . Når $k=0$ er hældningen 0 i fase III (et Liebig plateau) og med $k = 1$ svarer hældningen i fase III til hældningen i den inverse kvadratiske responsfunktion.

Endelig, splejset funktion (spline) med plateauparameter

Funktion $y(x_{app}, Y, x_0, \bar{x}, q, k)$

'Udbytte y er funktion af tildelingen x_{app} samt Y (maks. udbytte), x_0 (mineraliseret N), \bar{x} (krævet N for maks. udbytte), q (CRS parameter) og k (plateauparameter).

$$n = \frac{x_{app} + x_0}{\bar{x}}$$

'Her normeres N-tildelingen så fx $n = 1$ når $x_{app} = \bar{x} - x_0$

If $n > 1$ **then** $n = 1 + k(n - 1)$ 'Når $k \neq 1$ og $n > 1$ korrigeres for ikke-symmetrisk plateau
'(k altid ≥ 0 og $k = 0$ svarer til strengt Liebig-plateau)

If $n > q$ **and** $n < 1$ **then**

$$y = Y \frac{2n - n^2 - q^2}{1 - q^2}$$

'Fase II - andengradsynomium

Else

$$y = Y \frac{1 - q}{\frac{1}{2}(n + \frac{1}{n}) - q}$$

'Fase I og III – invers kvadratisk respons

End If

End Funktion

Den splejsede funktion (spline) er en kontinuert og glat funktion. Den 1. ordens afledte (dvs. $(x_{app})/dx_{app}$) er ligeledes en kontinuert funktion, men har knæpunkt når $n=1$ (dvs. ved $x_{app} + x_0 = \bar{x}$) og $k \neq 1$.

Direkte udledning af økonomisk optimal tildeling og udbytte

For fase II kan udbytte y , økonomisk optimal tildeling x^* og økonomisk optimalt udbytte y^* beregnes således (M er \bar{x} , p er kernepris og w er kvælstofpris):

$$y = Y \left(\frac{2 \frac{x+x_0}{M} - \left(\frac{x+x_0}{M} \right)^2 - q^2}{1 - q^2} \right)$$

$$19) \quad x^* = M \left(1 - \frac{wM(1-q^2)}{2pY} \right) - x_0$$

$$y^* = Y \left(1 - \left(\frac{wM}{2pY} \right)^2 (1 - q^2) \right)$$

Når værdi af protein indregnes kan økonomisk optimal tildeling x^* beregnes således (små og store bogstaver for hhv. kerne og protein udbytte og priser):

$$20) \quad x^* = \frac{\frac{2py(1-n)}{1-q^2} + \frac{2PY(1-N)}{1-Q^2}}{\frac{2py}{1-q^2} + \frac{2PY}{1-Q^2} + w}$$

Estimere responsparametre

Uanset om den inverse kvadratiske eller den splejsede funktion (spline) benyttes som responsfunktion skal responsparametrene (vektor β) nødvendigvis udledes ved en ikke-lineær regression.

Gauss-Newton algoritme til ikke-lineær regression med i observationer og j estimerede parametre (hvor J er jacobian matrice og e er vektor med i residualer, og dz_j er et marginalt stød til parameter j):

- 21) $e_i = obs_i - y_i(\beta_k)$
- 22) $J_{i,j} = dy_i(\beta_k + dz_j)/dz_j$
- 23) $\beta_{k+1} = \beta_k - (J^T J)^{-1} (J^T e)$
- 24) $\sigma^2 = \frac{1}{i-2} \sum (obs_i - y_i(\beta))^2$ 'Her skal indeks mv. opdateres og tjekkes!
- 25) $\sigma_j = \sigma \text{diag} (J^T J)^{-1}$

For at undgå fejlskud i den iterative proces kan/bør algoritmen udbygges til en Levenberg-Marquardt algoritme med *damping factor* λ således:

$$26) \quad \beta_{k+1} = B_k - (J^T J + \lambda \text{diag} J^T J)^{-1} (J^T e)$$

Generelle responsparametre

Med en plateauparameter kræver det i alt fem parametre at beregne udbytte med den splejsede funktion (spline). Med typisk seks niveauer for kvælstoftildeling, som i fx Landsforsøgene, er der maks. én frihedsgrad og der er vanskeligt (umuligt) at estimere signifikante responsparametre for et enkelt forsøg. I praksis og meget bekvemt, kan q og k parametrene holdes konstante (pr. afgrøde), og parameteren \bar{x} , der angiver hvor meget kvælstof, der kræves for maksimalt udbytte, bestemmes af jordtypen. De største, korrigerede R^2 værdier opnås således med fælles q og k parametrene pr. afgrøde, fælles \bar{x} parameter pr. jordtype og afgrøde, og individuelle Y og x_0 parametre pr. forsøg. Når q , k og \bar{x} parametrene kan bestemmes på grundlag af mange forsøg, øges antal frihedsgrader i praksis fra 1 til 4 og Y og x_0 parametrene kan bestemmes med en stor sikkerhed.

6. Estimere responsparametre for enkeltforsøg

Forsøgsdesign og præcision i Landsforsøgene

I Landsforsøgene med stigende kvælstoftildeling til vinterhvede tildeles 50 kg N pr. ha midt marts og resten midt april, mens der i vårbyg tildeles én gang umiddelbart før såning. Der er som regel seks grundled med 0, 40, 80, 120, 160 og 200 kg N pr. ha til vårbyg samt seks grundled med 0, 50, 100, 150, 200, 250 og 300 kg N pr. ha til vinterhvede. Med gode forfrugter som fx kløvergræs er et eller to led med de største tildelinger ofte udeladt. Med tiden (og i alt for mange tilfælde) er den øvre grænse på 250 og 300 kg pr. ha ikke længere tilstrækkelig til at afdække udbyttepotentialet. For en del nyere forsøg er der tilføjet ekstra led med en højere tildeling. I tillæg til de 6 grundled er der ofte tilføjet led med anden timing, andre gødningstyper, splittet tildeling, placeret tildeling osv. Som tommelfingerregel er udbytterne bestemt med en sikkerhed (standardafvigelse) på 2-3 hkg pr. ha.

Valg af generelle responsparametre og supplerende observationer

Det viser sig, som forventet og hurtigt, at det, på trods af meget høje forklaringsgrader i de enkelte forsøg, er vanskeligt og ofte nærmest umuligt at estimere signifikante q *crs*, k *plateau*, x *nul* og hat parametre. På grundlag af mange eksperimenter er det fundet relevant at benytte fælles q *crs* og k *plateau* pr. afgrøde (Tabel 1) samt default hat værdier pr. jordtype (Tabel 2).

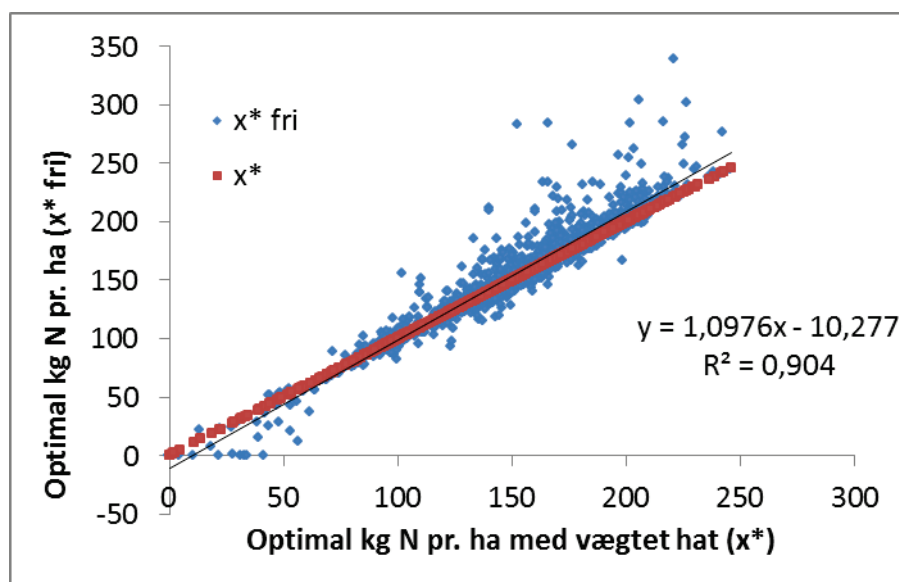
Tabel 1. Valgte q og k parametre

	Y	N
q <i>crs</i>	0,5	0,8
k <i>plat</i>	0,6	1,0

Tabel 2. Valgte af hat parametre pr. jordtype

	jb13	jb24	jb56	jb79
hat Y	244	253	323	339
hat N	433	420	507	504

Default værdierne benyttes som supplerende observationer ved estimering af de i alt to gange tre variable responsparametre for hhv. udbytte og kvælstofoptagelse. De supplerende observationer vægtes som 1/10 eller 1/10.000 udbytteobservation. Med den mindste vægtning regnes estimererne som frie. Med den høje vægtning opnås mere stabile estimater for de resterende parametre, og måske vigtigst giver det minimale tab af forklaringsgrad samtidigt med at de mest vilde, ikke realistiske estimater undgås (se fx meget høje optimal N i Figur 3). For at kunne vurdere om vægtningen af de supplerende observationer (default hat parametre pr. jordtype) er forsvarlig, er resultater med begge metoder løbende blevet sammenlignet. Resultater uden supplerende observationer omtales som frie (Figur 3).



Figur 3. Optimal tildeling beregnet med og uden vægtet hat (vægt 0,1) for alle 975 vinterhvedeforsøg.

Ved hjælp af de estimerede responsparametre er der for hvert enkelt forsøg beregnet en optimal kvælstoftildeling uden og med proteinværdi indregnet, der benævnes hhv. x^* og x^{**} , samt proteinprocent ved tildeling af x^{**} . I den videre proces med at udvikle en forklaringsmodel for de estimerede og beregnede parametre regnes disse tre værdier regnes rent teknisk som observationer på lige fod med de estimerede, egentlige parametre. Egentligt burde det være overflødigt at modellen skal forklare de tre parametre x^* , x^{**} og protein pct., da de meget gerne (hele ideen med model) skulle kunne beregnes med de modelforklarede egentlige responsparametre. Det er imidlertid vigtigt, gennem hele processen at holde et skarpt øje med, om de modelforklarede optimale tildelinger svarer til den optimale tildeling beregnet med de modelforklarede responsparametre. En sådan kontrolmulighed kræver, at der benyttes uændrede prisrelationer ved kontrollen. Det er ikke givet, at den forklarede optimale tildeling for alle mulige samples af forsøg (særligt hvis stor variation i fx tid/vejr, forfrugt og jordtype ikke understøttes i modellen) kan/skal svare til en tildeling beregnet med de forklarede responsparametre.

Forsøgsleddenes fordeling på produktionsøkonomisk faser

Forsøgernes fordeling på produktionsøkonomisk faser fremgår af Tabel 3. I 80 pct. af forsøgene ligger *ingen tildeling* (0 kg N pr. ha) i produktionsøkonomisk fase I og i 84 pct. af forsøgene ligger *største tildeling*, ofte 250 kg N pr. ha, i fase III. Det fremgår også, at 64 pct. af forsøgene starter i fase I og slutter i fase III. Kun 20 pct. af forsøgene starter og slutter i fase II, hvor hele responsforløbet med IPQ2 i praksis beskrives med et andengradspolynomium. I 16 pct. af forsøgene, hvor den højeste tildeling ikke når fase III, er den højeste tildeling ikke tilstrækkelig til at bestemme, hvor meget kvælstof der kræves for at opnå det maksimale udbytte. Det er netop her, de supplerende observationer med default hat-værdier pr. jordtype har deres væsentligste funktion.

Tabel 3. Forsøgsleddenes fordeling på produktionsøkonomisk fase I, II og III (pct.)

	Største tildeling			i alt
	I	II	III	
I	0	16	64	80
Ingen tildeling II	0	0	20	20
III	0	0	0	0
i alt	0	16	84	100

Prisforudsætninger

Ved hjælp af de estimerede responsparametre kan der beregnes optimal kvælstoftildeling for alle mulige prisrelationer. I diverse regneeksempler i nærværende dokumentation er benyttet følgende prisforudsætninger, der så vidt muligt afspejler prisrelationerne benyttet ved indstilling af økonomisk optimale normer i 2015/16:

Proteinpris: 3,50 kr. pr. kg

Vinterhvedepris (10,5 pct. protein i tørstof og 15 pct. vandindhold): 120 kr. pr. hkg

Vandindhold i kerne: 15 pct.

Tørstof i kerne: 85 pct.

Omregning fra kvælstof i hvedekerner til protein: 5,7 kg protein pr. kg N

Ved beregning af proteinkorrigeret optimal kvælstoftildeling indgår, lige som ved Normudvalgets indstilling af normer, 75 pct. af proteinprisen (dvs. 2,625 kr. pr. kg protein).

Beregning af kernepris når værdi af protein er fratrasket

Med en samlet kernepris på fx 120 kr. pr. hkg for hvede med 85 pct. tørstofindhold, 11 pct. protein pr. kg tørstof, kan prisen for hvedekerne p_S , når værdien af protein ved en proteinpris på 3,5 kr. pr. kg protein er fratrasket, beregnes med følgende formel:

$$p_S \left[\frac{\text{kr.}}{\text{hkg}} \right] = 120 \left[\frac{\text{kr.}}{\text{hkg}} \right] - 3,5 \left[\frac{\text{kr.}}{\text{kg}} \right] 100 \left[\frac{\text{kg}}{\text{hkg}} \right] 85\% 11\% = 87,28 \left[\frac{\text{kr.}}{\text{hkg}} \right]$$

Tabel 4. Værdi af proteinindhold (kr. pr. hkg) ved stigende proteinindhold og proteinpris.

Proteinpct. i kernetørst.	Proteinpris (kr. pr. kg)									
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
	Proteinværdi (kr. pr. hkg kerne)									
8,0%	7	10	14	17	20	24	27	31	34	37
8,5%	7	11	14	18	22	25	29	33	36	40
9,0%	8	11	15	19	23	27	31	34	38	42
9,5%	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
10,0%	9	13	17	21	26	30	34	38	43	47
10,5%	9	13	18	22	27	31	36	40	45	49
11,0%	9	14	19	23	28	33	37	42	47	51
11,5%	10	15	20	24	29	34	39	44	49	54
12,0%	10	15	20	26	31	36	41	46	51	56
12,5%	11	16	21	27	32	37	43	48	53	58

Ved anvendelse af ovenstående prisforudsætninger fremkommer en kornpris på 96,57 kr. pr. hkg, forudsat at værdien af protein afregnes særskilt, men kun med 75 pct. af proteinprisen:

$$p_S \left[\frac{\text{kr.}}{\text{hkg}} \right] = 120 \left[\frac{\text{kr.}}{\text{hkg}} \right] - 75\% 3,5 \left[\frac{\text{kr.}}{\text{kg}} \right] 100 \left[\frac{\text{kg}}{\text{hkg}} \right] 85\% 10,5\% = 96,57 \left[\frac{\text{kr.}}{\text{hkg}} \right]$$

7. En model til forklaring af responsparametre

Tabel 5 viser forklaring og enhed samt antal forsøg (obs) og antal vægtede forsøg (anv) for modelparametre (I af II). Tabel 6 viser forklaring og enhed for resterende modelparametre. Tabel 7-9 viser anvendte bonitetsparametre, klimadata og forholdstal for udbytte. Tabel 10 og 11 viser resulterende estimater.

Forsøg med manglende oplysninger om fx N udbytte, GIS lokalitet, bonitet, lerindhold og ler-underbund eller mindre end 5 forsøgsled er vægtet meget lavt (<0,01). Derfor reduceres 975 forsøg til 386 anvendte forsøg. Modellens parametre estimeres med vægtet lineær regression og mindste kvadrats metode.

Tabel 5. Modelparametre (I)

Parametre	Forklaring	Enhed	Obs	Anv.
JORDTYPE				
INTCP (jb56 korn sandbund)	Intercept (jb 5+6 forfrugt korn)	1	975	386
jb11	Organiske jorde	0/1	12	0
jbmiss	Manglende oplysninger	0/1	88	0
jb13	Grovsandet jord	0/1	107	39
jb24	Finsandetjord	0/1	186	73
jb79	Lerjord (jb7,8 og9)	0/1	239	121
lerunder (ler)	Lerunderbund 0/1	0/1	458	231
lerunder (sand)	--		88	34
FORFRUGT				
2_Bælg	Bælgsæd	0/1	144	34
3_Raps	Vinterraps	0/1	196	70
4_Frøgræs	Frøgræs	0/1	36	13
5_Kløvergræs	Kløvergræs	0/1	13	4
6_Kartofler	Kartofler	0/1	40	14
7_Roer	Sukkerroer	0/1	11	2
8_Majs	Majs	0/1	18	8
FORFORFRUGT				
x2_KornGF Ler	Korn, men god forfrugt i sædskiftet (5 år)	0/1	150	77
x3_GF Ler	En god forforfrugt fx raps	0/1	137	86
x4_Frøgræs Ler	Frøgræs i sædskiftet (5 år)	0/1	65	37
x5_Kløvergr. Ler	Kløvergræs i sædskiftet (5 år) på lerjord	0/1	21	8
x5_Kløvergr. Fin	-- på finsandet jord (jb2+4)	0/1	7	3
x5_Kløvergr. Grov	-- på grovsandet jord (jb1+3)	0/1	17	8
ØVRIGE				
N min	N min-analyse medio februar (40 kg=0)	kg N/ha		
Husdyrg. efterv. (ler)	Eftervirkning vurderet af normudvalget	kg N/ha		
Husdyrg. efterv. (sand)	--	kg N/ha		
Halm 1	Halm nedmuldet år før	0/1		
Halm 24	Halm nedmuldet 2-5 år tidligere	0/1		
dif hum (ej jb11)	Husmuindhold i fht. Jordtype def.	Pct.		
dif ler (ej jb11)	Lerindhold i fht. Jordtype def.	Pct.		
sådag (290)	Sådato (dag 290=1)	Dage		
Sådag^2	Ovenstående opløftet i 2. potens	Dage^2		

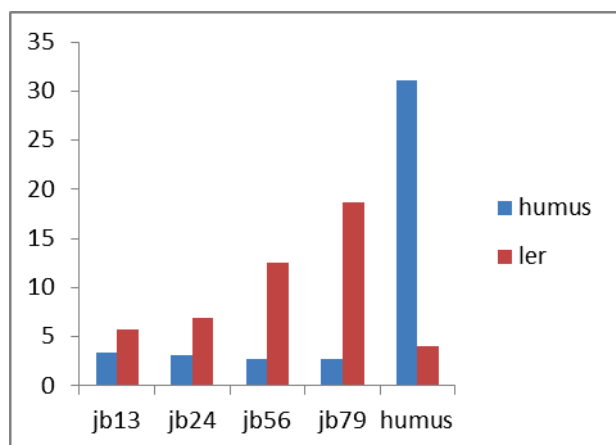
Tabel 6. Modelparametre (II)

Parametre markeret med gul, kan anvendes til en korrektion af året kvælstoftildeling pr. 1. marts.

Parametre	Forklaring	Enhed
KLIMA pr. jordtype		
NettoHist LER	Nettoafstrøm. foregående 10 år	Normeret 2005-2014
pre92	Nedbør sep-februar	Normeret 2005-2014
pre34	Nedbør marts-april	Normeret 2005-2014
pre56	Nedbør maj-juni	Normeret 2005-2014
sts56	Nedbørsundersk. maj-juni	Normeret 2005-2014
pre78	Nedbør juli-aug	Normeret 2005-2014
Gentaget for finsandet jord		
Gentaget for grovsandet jord		
ØVRIG KLIMA		
tmpND ALLE JB	Temperatur nov-dec	Normeret 2005-2014
evaND	Fordampning nov-dec	Normeret 2005-2014
tmp12	Temperatur jan-feb	Normeret 2005-2014
eva12	Fordampning jan-feb	Normeret 2005-2014
tmp34	Temperatur marts-april	Normeret 2005-2014
eva34	Fordampning marts-april	Normeret 2005-2014
tmp56	Temperatur maj-juni	Normeret 2005-2014
eva56	Fordampning maj-juni	Normeret 2005-2014
tmp78	Temperatur juli-aug	Normeret 2005-2014
eva78	Fordampning juli-aug	Normeret 2005-2014
TREND mv.		
FHT (100)	Forholdstal jf. sortsafpr. (100=0)	Forholdstal-100
10 År (før 2014)	Trendparameter (2014=0)	år/10
10 År (før 2009)	Trendparameter (2009=0)	år/10
10 År (før 1999)	Trendparameter (1999=0)	år/10
Nord/100	Nord/syd (6200 north=0)	km/100
10 år SAND (før 2009)	Suplerende trend for sand	år/10
10 år SAND (før 2014)	Suplerende trend for sand	år/10

Tabel 7. Defaultværdier for humus- og lerindhold pr. jordtype

jb	grp	antal	ok antal	humus	ler
miss	0	88	0	3,0	10,0
jb13	1	107	91	3,4	5,8
jb24	2	186	169	3,2	6,9
jb56	3	343	278	2,7	12,5
jb79	4	239	228	2,7	18,6
humus	5	12	12	31,1	4,0



Figur 4. Defaultværdier for humus- og lerindhold pr. jordtype

Vejrdata 1987-2015 for 609 10x10 km klimagrid dækkende hele landet er etableret på grundlag af CRU TS4.00 (Harris & Jones, 2017), Nasa (2017) og DMI (Scharling M., 2013). Data er så vidt muligt hentet fra DMI (1990-2010) plus manglende data fra CRU TS4 (nedbør) og NASA (temperatur og indstråling).

Tabel 8. Normerede vejrdata 1998-2015

	avg	stdev	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
pre92	389	111,4	-0,4	0,6	0,5	0,2	1,0	-0,6	-0,3	0,1	-1,0	1,4	-0,3	-0,4	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,6	0,9
pre34	66	26,5	2,6	2,1	1,3	1,4	0,1	0,3	0,8	0,1	1,0	-0,6	1,8	-0,2	-0,3	-0,9	-0,2	-1,1	0,5	1,0
pre56	122	41,6	-0,3	1,0	-0,4	-0,6	0,5	0,6	-0,5	-0,2	-0,5	1,7	-1,7	-0,1	-0,1	0,5	0,0	0,6	-0,2	0,0
pre78	170	55,0	-0,4	-0,5	-1,5	-0,6	0,2	-1,0	0,2	-0,5	0,1	0,3	0,5	-0,4	0,4	1,7	-0,2	-1,8	-0,1	-0,2
pre99	748	153	-0,1	0,9	0,0	0,0	0,9	-0,6	-0,2	-0,1	-0,6	1,4	-0,2	-0,5	0,0	0,6	-0,2	-0,8	0,4	0,8
tmpND	4,26	1,9	-0,6	-1,6	-0,4	0,4	-0,8	-1,2	0,3	0,1	-0,1	1,5	-0,1	-0,1	-0,3	-2,3	0,8	-0,2	0,7	0,6
tmp12	1,19	1,7	1,2	0,0	1,0	-0,2	1,2	-0,9	-0,2	0,3	-0,8	1,2	1,6	-0,4	-1,8	-0,4	0,3	-0,7	0,7	0,8
tmp34	4,89	1,7	-0,1	0,1	0,4	-1,1	0,3	0,0	0,2	-0,5	-1,2	1,4	0,1	0,8	-0,3	0,5	0,3	-2,0	0,8	0,0
tmp56	12,4	0,8	0,0	-1,0	0,4	-0,8	1,6	0,9	-0,5	-0,6	0,4	1,2	1,3	-0,1	-1,5	0,6	-0,6	-0,7	0,1	-2,3
tmp78	16,5	1,0	-2,4	0,0	-1,9	0,5	1,5	1,1	-0,4	-0,6	1,8	-0,6	0,3	0,5	0,7	-0,9	-0,7	-0,5	0,1	-1,3
radND	50	9,3	-0,3	0,6	0,6	-0,1	1,1	-0,7	-0,3	0,6	0,7	0,1	0,8	-0,3	-0,9	1,5	-0,4	-0,3	-1,9	-2,4
rad12	76	11,8	-0,2	0,6	0,5	0,6	0,4	1,0	1,5	1,5	0,3	-0,6	-0,2	-0,1	0,8	0,3	0,9	-1,3	-1,6	-1,5
rad34	365	31,0	-2,5	-2,2	-1,7	-2,0	-1,2	0,8	-0,6	0,8	-1,6	1,6	-0,2	0,6	-0,2	0,8	-0,5	-0,3	-1,0	-0,6
rad56	606	53,6	-0,5	-0,7	-0,4	0,0	-0,4	-0,9	-0,8	-0,1	-0,2	-0,6	2,0	1,1	-0,5	0,1	-0,3	-1,2	-0,3	-1,2
rad78	528	35,1	-1,3	0,9	-1,8	0,2	-0,4	1,1	-0,3	-0,9	1,4	-0,7	0,4	0,2	0,0	-1,0	0,5	0,6	-0,5	-0,9
eva92	115	11,4	-0,2	-1,8	0,7	-1,1	-1,3	0,3	0,8	0,9	1,2	0,7	0,3	-0,3	0,0	0,0	0,2	-1,0	-1,9	-1,5
evaND	13	2,3	-0,5	0,1	0,6	0,1	1,1	-1,1	-0,3	0,8	0,8	0,7	0,9	-0,3	-1,1	0,6	-0,1	-0,3	-1,9	-2,5
eva12	18	2,7	0,4	0,6	1,0	0,5	1,0	0,6	1,6	1,6	0,0	-0,3	0,4	-0,2	0,1	0,1	1,0	-1,5	-1,3	-1,4
eva34	103	12,2	-1,9	-1,5	-1,1	-1,9	-0,8	0,5	-0,4	0,3	-1,6	1,8	-0,1	0,9	-0,3	0,9	-0,3	-1,1	-0,4	-0,5
eva56	205	19,9	-0,4	-0,9	-0,3	-0,2	0,0	-0,6	-0,8	-0,2	-0,1	-0,3	2,1	1,0	-0,7	0,2	-0,4	-1,2	-0,3	-1,5
eva78	195	15,8	-1,6	0,7	-1,9	0,3	0,0	1,1	-0,4	-0,9	1,6	-0,8	0,4	0,3	0,2	-1,0	0,2	0,3	-0,3	-1,0
eva99	617	37,4	-1,6	-1,2	-1,1	-0,9	-0,7	0,4	-0,5	-0,1	0,4	0,3	1,3	0,8	-0,4	-0,1	-0,2	-1,1	-1,0	-1,8

Kilde: Egne beregninger på grundlag af CruSTS4 (Harris & Jones, 2017), Nasa (2017) og DMI (Scharling 2013).

Bemærk, at gennemsnit (avg) og standardafvigelse (stdev) er baseret på 2005-2014 data for alle klimagrid. Tabellen giver et indtryk af variationen i data for hele landet på tværs af år. Derfor er variationen i de viste data lidt mindre end for de data, der er benyttet i modellen (og standardafvigelsen 2005-2014 i de viste, normerede data er lidt mindre end 1).

Tabel 9. Forholdstal for kerneudbytte i vinterhvedesorter 1987-2015.

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Anja	99	98	100	97	102	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Kosack	104	95	97	98	99	86	94	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Kraka	100	100	100	89	103	94	93	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Citadel	x	x	x	106	103	110	101	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Gawain	x	x	x	97	97	103	105	100	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Obelisk	x	x	x	96	101	90	96	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sleipner	104	107	120	112	100	100	102	97	83	80	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Konsul	x	x	x	x	100	101	102	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Nova	x	x	x	101	106	97	102	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Marabu	x	x	x	x	x	106	95	101	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Orestis	x	x	x	x	x	91	95	91	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Herzog	x	x	x	x	x	101	90	93	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Lone	x	x	x	x	x	x	x	94	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Pepital	x	x	x	101	104	105	97	97	94	93	94	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Agent	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Contra	x	x	x	x	x	x	x	x	101	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hereward	x	x	x	x	x	102	99	98	94	93	97	x	93	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Haven	x	x	x	x	x				103	96	99	99	96	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Brigadier	x	x	x	x	x	x	x	x	104	x	102	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Efal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	99	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Rialto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	x	x	101	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Yacht	x	x	x	x	x	x	x	x	91	96	102	89	97	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hunter	x	x	x	x	x	x	x	x	102	96	98	92	98	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hussar	x	x	x	x	x	107	107	103	96	97	100	91	94	x	x	x	x												
Encore	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	98	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Lynx	x	x	x	x	x	x	x	104	102	98	95	100	97	101		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Versailles	x	x	x	x	x	x	x	x	100	103	102	97	103	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Harrier	x	x	x	x	x	x	x	x	102	99	99	96	98	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Terra	x	x	x	x	x	x	x	98	98	100	97	106	96	97	95	102	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Flair	x	x	x	x	x	x	x	x	101	103	102	110	101	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Pentium	x	x	x	x	x	x	x	x	100	95	97	95	95	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Trintella	x	x	x	x	x	x	x	x	106	100	100	102	98	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Windsor	x	x	x	x	x	x	x	x	106	103	103	97	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hanseat	x	x	x	x	x	x	x	x	99	98	96	97	97	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Cortez	x	x	x	x	x	x	x	x	105	103	105	99	101	104	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hybris	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	106	113	103	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Ritmo	x	x	x	x	x	112	104	109	105	97	103	103	101	89	102	99	98	98	96	92	x	x	x	x	x	x	x	x	
Stakado	x	x	x	x	x	x	x	x	105	96	98	104	101	102	102	97	95	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Baltimor	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	103	101	100	103	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Classic	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	98	100	101	98	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Maverick	x	x	x	x	x	x	x	x	99	101	99	101	101	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Cardos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		98	96	96	93	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Kris	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	102	105	101	101	98	102	92	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Bill	x	x	x	x	x	x	x	x	94	93	x	x	x	100	97	103	96	93	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Boston	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	102	102	101	100	99	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Wasmo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	107	101	104	101	104	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Galicia	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	102	104	101	98	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Senat	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	105	103	97	92	95	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Solist	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	105	104	106	99	97	103	101	98	93	98	x	x	x	x	x	x	
Elviss	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	x	x	101	96	96	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Grommit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	97	104	93	94										
Biscay	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	103	110	101	96	93	x	x	x	x	x	x	x	x	
Skater	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	102	106	100	96	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Symbol	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	104	98	98	94	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Tulsa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	101	98	107	93	92	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Deben	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	109	100	97	97										
Robigus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	105	99	96	98	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hatrick	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	106	101	99	97	90	95								
Samyl	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	105	102	99	98	x	x	x	x	x	x	x	x	
Abika	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	103	103	99	95	x	x	x	x	x	x	x	x	
Skalmeje	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	106	x	100	101	99	96	94	x	x	x	x	x	x	x	
Opus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	99	98	100	99	98	92	94	x							
Smuggler	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	106	104	106	103	101	97	99	98							
Contact	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	99	98	x	x	x	x	x	x	
Ambition	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	107	106	99	101	98	100	100	95	x	x	x	
Audi	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	104	104	101	100	97	x	x	x	x	x	x	
Frument	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	101	100	99	96	95	x	x	x	
KWS Yaris	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	101	101	99						
Tabasco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	98	98	98	98	x	x	x	
Tuareg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	97	97	98	95	97	97	93	x	x	x	
Hereford	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	106	106	103	103	105	99	98	99	99	99	99	
Mariboss	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	104	101	100	101	101	101	100	100	
Jensen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	101	101	102	98	101	98	94	
KWS Dacanto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	99	101	101	96	
KWS Cleveland	x	x	x	x																									

Kilde: Sortinfo samt Oversigt over Landsforsøgene (mange årgange). Se også Værgen (2015).

Tabel 10. Estimerede responsparametre for udbytte og optimal N tildeling i vinterhvede (I)

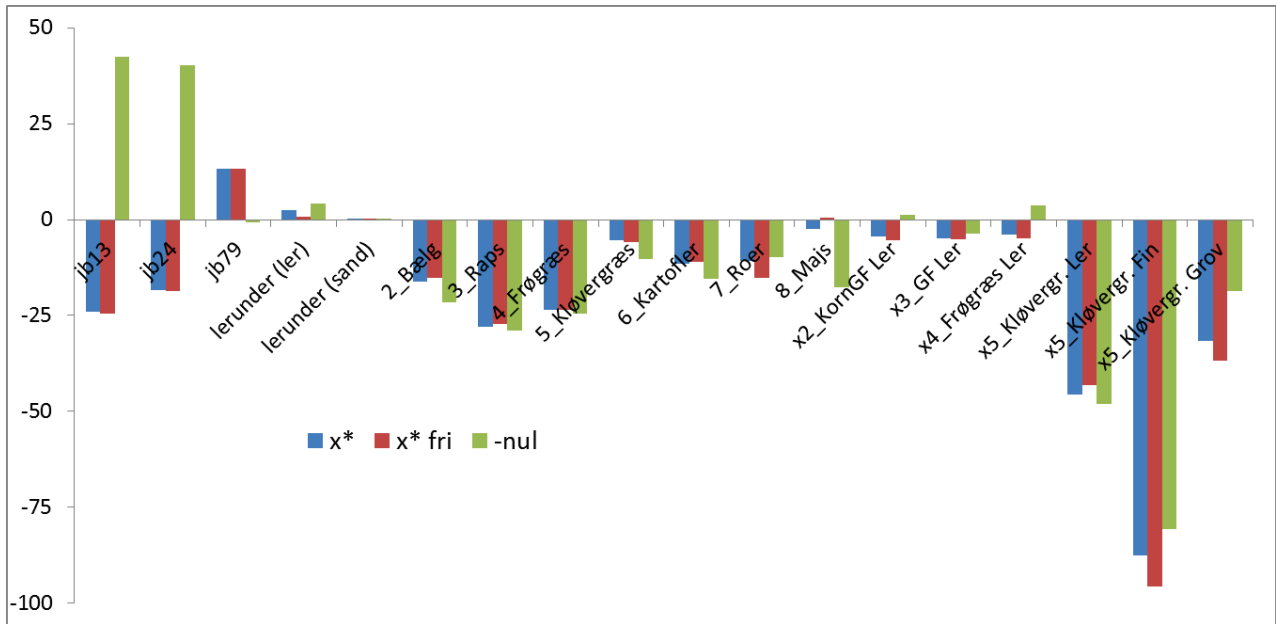
	Y	nul	hat	x*	x* fri	N	nul	hat	x*mpr	Pro% v
INTCP (jb56 korn sandbur	93,2	110,9	323,2	183,3	187,9	165,2	185,2	488,8	202,1	10,6
jb11	6,2	121,5	57,7	-74,0	-85,8	12,3	53,9	-45,2	-72,3	0,5
jbmiss	1,7	-28,0	-16,7	14,9	26,1	9,9	-62,9	-104,2	10,0	1,7
jb13	-10,1	-42,5	-78,1	-24,0	-24,4	-14,1	-47,8	-63,5	-25,6	-0,6
jb24	-10,3	-40,1	-67,1	-18,5	-18,7	-20,2	-48,2	-82,0	-22,3	-0,4
jb79	0,9	0,8	16,6	13,3	13,1	-0,2	-10,7	-4,1	13,4	0,0
lerunder (ler)	4,5	-4,2	-4,3	2,5	0,7	10,1	-1,5	1,4	2,6	0,1
lerunder (sand)	-2,0	-0,1	1,8	0,2	0,1	-1,4	8,5	16,9	1,0	0,1
2_Bælg	7,8	21,6	2,9	-16,2	-15,1	15,1	35,4	35,9	-14,6	-0,2
3_Raps	2,4	28,8	-0,7	-28,0	-27,2	4,2	43,7	28,8	-27,6	-0,3
4_Frøgræs	0,2	24,6	0,9	-23,6	-23,6	6,0	44,7	34,1	-22,0	0,2
5_Kløvergræs	8,4	10,3	1,3	-5,3	-5,9	17,3	50,6	43,5	-6,4	0,4
6_Kartofler	3,1	15,5	4,1	-11,5	-11,0	9,2	15,3	10,4	-10,1	0,2
7_Roer	3,4	9,7	-3,0	-10,8	-15,3	-1,8	5,6	-8,0	-11,5	-0,6
8_Majs	5,8	17,6	15,9	-2,5	0,6	13,9	28,1	38,8	-0,5	0,2
x2_KornGF Ler	-4,6	-1,3	-4,7	-4,4	-5,5	-8,8	-3,4	-13,8	-5,4	0,0
x3_GF Ler	-2,0	3,7	-0,5	-5,0	-5,1	-5,4	0,6	-7,7	-5,4	-0,1
x4_Frøgræs Ler	-1,8	-3,7	-8,4	-4,0	-4,9	-9,4	-3,7	-15,5	-5,7	-0,3
x5_Kløvergr. Ler	-2,8	48,0	4,4	-45,6	-43,2	-4,4	57,3	7,6	-46,5	0,2
x5_Kløvergr. Fin	10,2	80,8	-11,5	-87,6	-95,7	7,6	126,0	52,0	-91,1	-1,2
x5_Kløvergr. Grov	-13,6	18,6	-7,8	-31,5	-36,9	-23,2	42,0	5,2	-33,9	0,4
Dummy	11,0	-8,0	-6,1	6,6	6,8	32,0	-36,4	-1,6	16,0	0,4
Husdyrg. efterv. (ler)	-0,2	1,0	0,1	-1,0	-1,0	-0,2	1,0	0,2	-0,9	0,0
Husdyrg. efterv. (sand)	-0,1	0,7	-0,1	-0,8	-1,0	-0,1	1,1	-0,1	-0,9	0,0
Halm 1	0,4	-1,4	2,9	3,6	3,7	0,4	-9,5	-7,3	4,2	0,0
Halm 24	-0,4	-0,1	-0,2	-0,2	0,1	-0,9	3,6	3,0	-0,6	0,0
dif hum (ej jb11)	-0,1	3,4	-0,1	-3,5	-3,0	0,5	7,1	5,0	-3,6	0,0
dif ler (ej jb11)	0,4	0,7	0,7	0,0	0,2	0,3	0,7	-0,2	-0,1	0,0
sådag (290)	-0,1	-0,1	0,0	0,1	0,1	-0,2	0,2	0,3	0,1	0,0
Sådag^2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Signifikans: Mørkegrøn 99,9, grøn 99 og lysegrøn 95 pct.

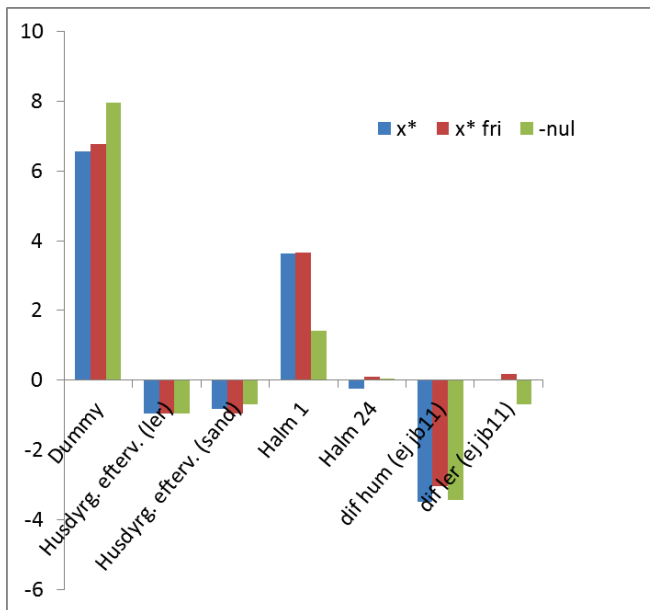
Tabel 11. Estimerede responsparametre for udbytte og optimal N tildeling i vinterhvede (II)

	Y	nul	hat	x*	x* fri	N	nul	hat	x*mpr	Pro% v
NettoHist LER	3,3	-7,4	3,5	11,6	14,1	5,5	-7,1	6,0	12,1	0,0
pre92	-4,3	-7,8	-4,0	3,0	0,9	-2,9	-12,5	-11,5	3,4	0,3
pre34	-1,4	-2,4	-3,6	-1,2	-1,8	-1,2	-9,1	-11,6	-0,9	0,1
pre56	-3,8	2,3	-6,0	-8,6	-10,3	-5,0	1,1	-6,1	-8,3	0,1
sts56	-2,0	2,9	0,6	-3,6	-3,3	-2,6	3,4	-0,9	-3,7	0,1
pre78	-2,9	3,6	1,9	-3,1	-2,2	-1,9	9,8	11,8	-2,3	0,2
NettoHist FIN	-0,8	1,5	8,1	4,3	7,6	-5,3	-6,2	-2,5	4,5	-0,3
pre92	-1,6	-2,5	3,3	4,7	6,3	3,4	-9,0	0,0	6,4	0,4
pre34	-2,7	-10,0	-4,5	5,4	4,2	-5,3	-11,5	-9,9	4,7	0,1
pre56	-0,3	6,9	-3,9	-10,1	-12,7	1,1	6,5	-3,5	-9,8	0,0
sts56	2,2	7,3	-0,1	-6,9	-6,8	2,6	11,9	6,3	-7,1	-0,1
pre78	-0,9	0,5	0,1	-0,8	-0,8	-2,8	3,8	-2,7	-1,5	0,1
NettoHist GROV	-3,5	-14,8	2,1	14,5	14,6	-10,0	-17,4	-9,3	13,5	-0,2
pre92	-1,4	-1,6	-0,3	1,1	2,0	2,4	-12,2	-0,6	3,4	0,1
pre34	-2,8	-0,4	-1,0	-1,9	-3,0	-4,5	2,1	-4,4	-2,6	0,2
pre56	-5,2	-5,2	-1,9	2,0	0,5	-10,1	-8,0	-12,7	1,4	0,1
sts56	-8,7	-4,5	-4,2	-2,0	-3,6	-11,8	3,7	-16,9	-4,4	0,9
pre78	2,3	0,6	-1,6	0,5	0,7	5,0	1,6	3,8	0,7	-0,1
tmpND ALLE JB	-0,5	2,5	2,5	-0,5	1,1	2,3	-1,0	2,3	0,7	0,1
evaND	-1,1	-1,5	-6,2	-4,3	-6,0	-1,5	-7,4	-11,1	-4,1	-0,1
tmp12	8,1	-1,0	6,2	9,1	10,2	8,9	7,2	12,5	7,8	-0,3
eva12	-0,2	-3,3	3,0	5,9	6,7	-1,5	-0,8	2,1	5,3	0,0
tmp34	1,5	-0,6	1,3	1,7	2,5	-0,6	-5,9	-2,6	1,8	-0,3
eva34	-1,7	-0,4	-4,2	-3,6	-4,5	-2,2	-2,4	-6,8	-3,5	0,1
tmp56	-2,9	2,8	0,5	-3,1	-3,0	-1,9	3,6	1,1	-2,8	0,2
eva56	1,7	-1,2	-2,0	0,3	0,3	4,1	-10,2	-4,3	1,8	-0,1
tmp78	0,5	-2,3	-2,8	0,0	-1,3	5,6	-5,8	-1,4	1,2	0,2
eva78	0,8	1,1	5,5	3,8	5,9	-2,1	4,7	5,7	3,0	-0,1
FHT (100)	0,2	-0,3	-0,3	0,1	0,0	0,4	-0,5	-0,1	0,1	0,0
10 År (før 2014)	0,2	2,3	4,7	0,8	10,3	1,7	-20,3	27,8	9,0	-0,7
10 År (før 2009)	13,6	-16,3	-3,3	19,0	3,5	5,7	-4,0	-73,3	4,8	0,3
10 År (før 1999)	0,0	-2,1	21,7	19,6	39,6	20,8	23,8	74,2	25,5	1,1
Nord/100	-3,9	2,0	-4,9	-7,8	-10,2	-4,8	0,6	-5,9	-7,5	0,1
10 år SAND (før 2009)	3,2	67,9	46,6	-25,6	-2,4	17,5	110,4	131,9	-19,7	0,8
10 år SAND (før 2014)	-4,1	-52,7	-44,1	13,1	-6,6	-13,3	-73,8	-89,6	8,4	-0,6

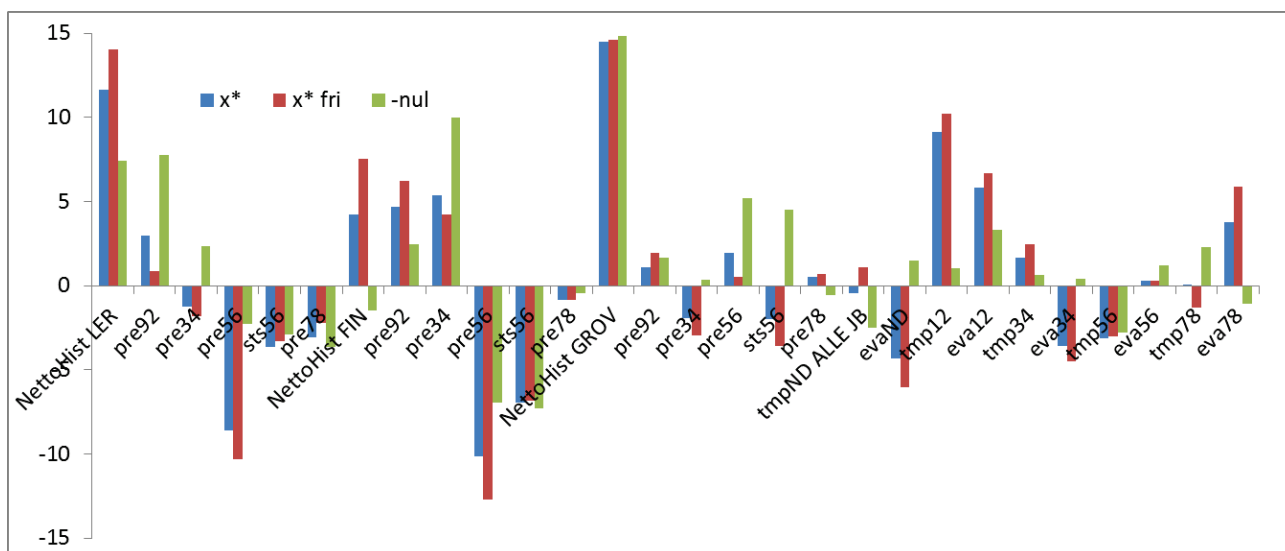
Signifikans: Mørkegrøn 99,9, grøn 99 og lysegrøn 95 pct.



Figur 5. Model til forklaring af optimal N tildeling for vinterhvede (del A)

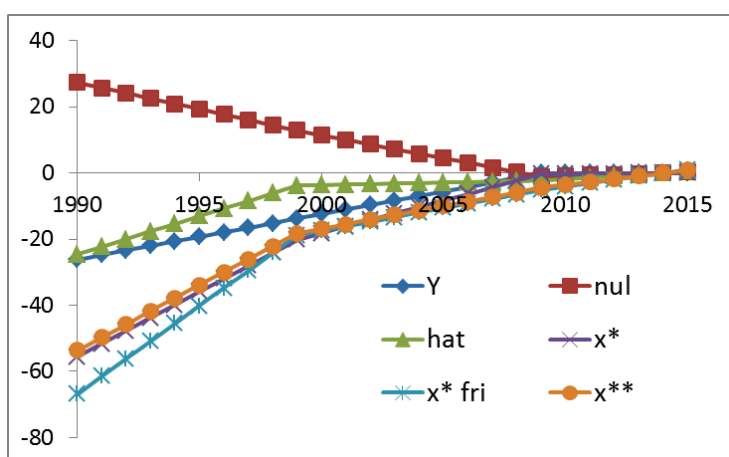


Figur 6. Model til forklaring af optimal N tildeling for vinterhvede (del B)

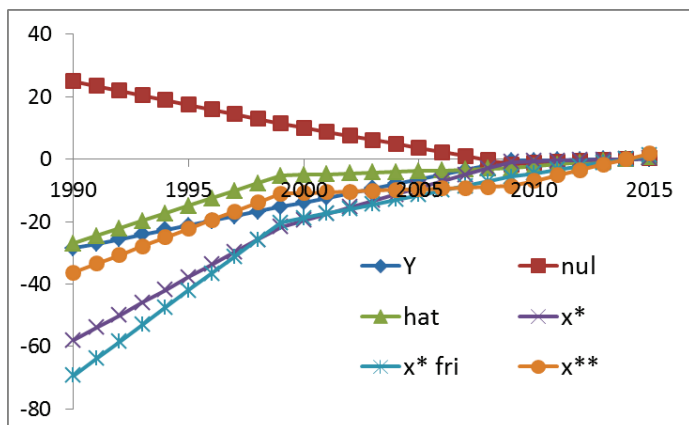


Figur 7. Model til forklaring af optimal N tildeling for vinterhvede (del C)

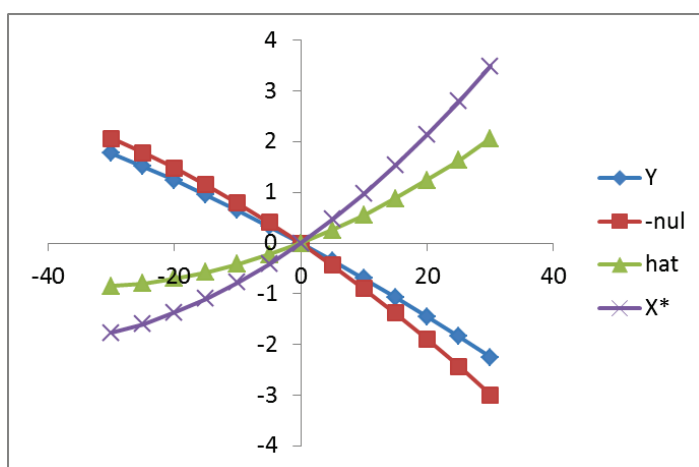
Estimeret jordtypebestemt effekt af variation i foregående års nettoafstrømning (nettohist) samt vækstårets afvigelse fra landsgennemsnit 2005-2014 mht. nedbør (pre), tørkestress (sts), temperatur (tmp) og fordampning (eva). Tal angiver månedsinterval og ND angiver månederne november-december.



Figur 8. Estimerede trends for lerjord (2014=0)



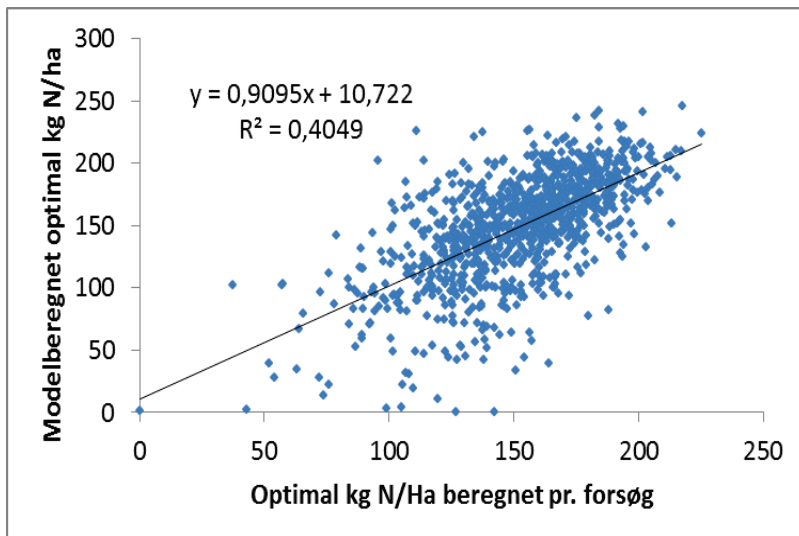
Figur 9. Estimerede trends for sandjord (2014=0)



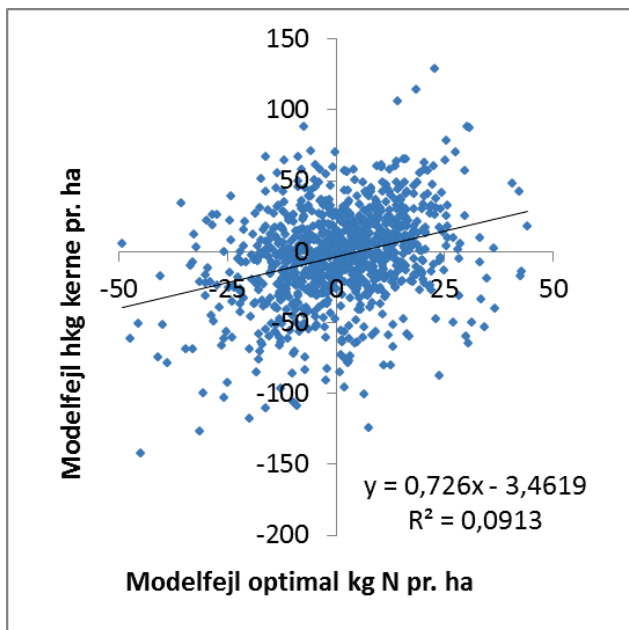
Figur 10. Estimeret effekt af sådato (dag 290=0)

Modellens forklaringsgrad

Der indgår i alt 65 parametre i forklaringsmodellen. Med mere end 975 forsøg, der ved vægtning, jf. Tabel 5, reduceres til 386 forsøg, er der mere end fem observationer pr. parameter. Det er valgt at benytte én fælles grundmodel til forklaring af de forskellige responsparametre. Det fremgår imidlertid af Tabel 10 og 11, at der er grundlag for en væsentlig reduktion af modellens parametre. Modellens korrigerede forklaringsgrad, men ikke den absolutte forklaringsgrad, kan øges ved en sådan reduktion. På trods af de mange, også mange meget signifikante parametre i forklaringsmodellen, er det vanskeligt at forklare fx udbyttepotentiale, N-mineralisering og optimal tildeling (Figur 11) med en stor nøjagtighed. Der er fx beregnet en standardafvigelse 29 kg N pr. ha mellem optimal N-tildeling beregnet pr. forsøg og med modellen. En sammenligning af modelfejl for optimal tildeling og kerneudbytte (Figur 12) viser, at fejlene kun er svagt korrelerede.



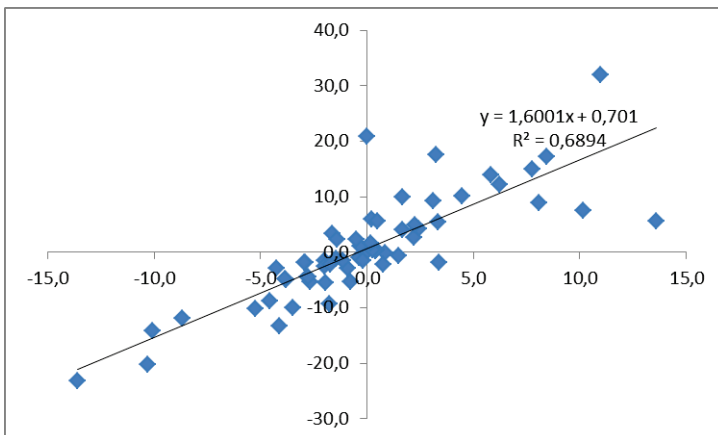
Figur 11. Optimal N-tildeling estimeret pr. forsøg sammenlignet med modelberegnet N-tildeling (kg N pr. ha) .



Figur 12. Sammenligning af modelfejl for optimal tildeling og kerneudbytte.

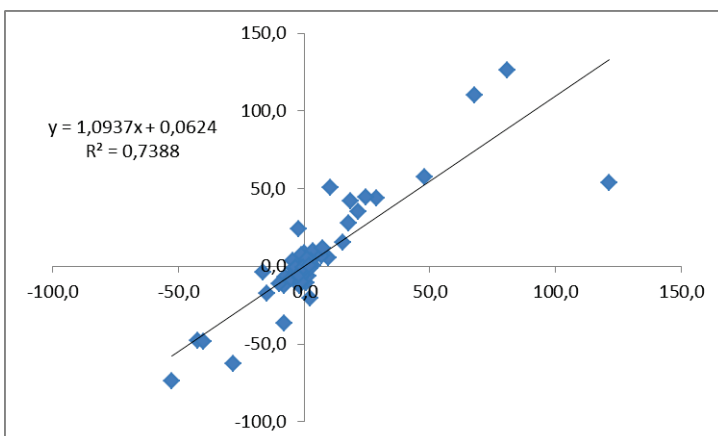
Korrektion for højt udbytte.

Med brug af modellen er det muligt at analysere effekten af ændrede prisrelationer, gunstigt og ugunstigt vejrlig, normreduktioner, sorter med øget forholdstal, ændret forfrugt og sædskifte mm. Modellen tager højde for en lang række målbare kvaliteter ved en given lokalitet (klima, jordtype, ler- og humusindhold, ler-underbund osv.). Hvis et særligt produktionsforhold, der ikke umiddelbart kan inkluderes i modellen, alligevel giver anledning til et systematisk højt udbytte vil det være oplagt at foretage en manuel tilpasning af Y parameteren, men hvordan skal de øvrige responsparametre tilpasses? Her kan det udnyttes, at kerneudbytte og protein-parameteren er stærkt korrelerede (Figur 13). Fra figuren kan udledes en korrektionsfaktor på 1,6 mellem kerne- og proteinudbytte.



Figur 13. Høj korrelation mellem potentiale for hhv. kerne- og proteinudbytte.

Også mineraliseret kvælstof for udbytte og protein (Figur 14) er stærkt korrelerede. Men mineraliseret kvælstof, udbytte potentiale og hat parametrene er ikke/kun begrænset, indbyrdes korrelerede.



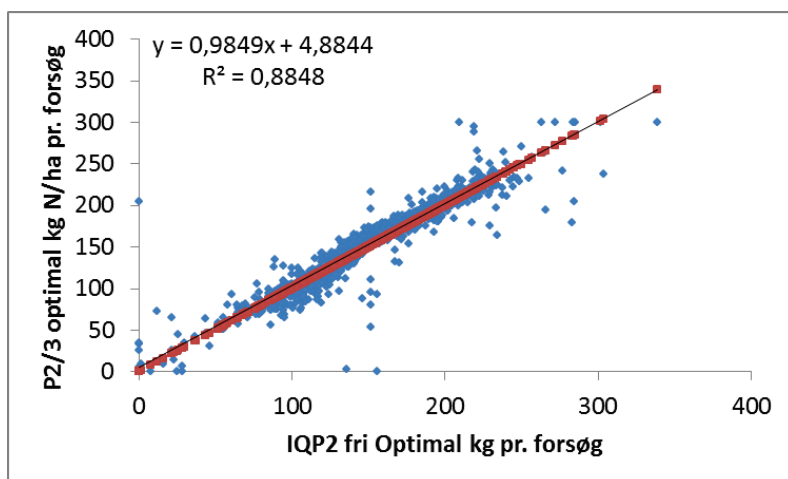
Figur 14. Høj korrelation mellem mineraliseret kvælstof tilgængeligt for hhv. kerne- og proteinudbytte.

8. Sammenligning med SEGES og beregninger under Normudvalget

Forskel på løsninger med P2/3 og IQP2

Kvaliteten af beregninger med den udledte model kan undersøges ved en sammenligning af modellens løsninger med tilsvarende løsninger gennemført under Normudvalget med anden- og tredjegradspolynomier (P2/3). En væsentlig forskel på løsningerne kan skyldes, at den optimale tildeling med modellen dels ikke beregnes med P2/3, men IQP2 funktionen, dels er beregnet med en binding på IQP2's hat parameter.

En simpel kvalitetskontrol viser, at der er en høj korrelation mellem optimal kvælstoftildeling beregnet med hhv. P2/3 og en fri (ingen binding på hat) IQP2 (Figur 15).



Figur 15. Optimal kg N pr. ha beregnet med P2/3 og IQP2 fri (uden binding på hat).

Kontrol af eftervirkning af tildelt husdyrgødning

Eftervirkning af husdyrgødning må forventes at have stor indflydelse på behovet for tildeling af kvælstof. I modellen er eftervirkningen estimeret som af Normudvalget. Eftervirkningen udregnes baseret på oplysninger om tilførsel af total-N i husdyrgødning de forudgående 5 år før forsøget. Eftervirkningen af total-N tilført pr. ha i det enkelte år forud for forsøget udregnes ved at gange med procentangivelserne i Tabel 6.2 i Drejebogen (). Hvis tilførslen ikke er angivet, men der er tilført husdyrgødning eller hvis feltet er blankt benyttes en tilførsel på 70 kg total-N pr. ha.

Hvis Normudvalgets estimat er korrekt og modellen er retvisende, vil den estimerede eftervirkningen for hhv. mineraliseret kvælstof (nul) og optimal tildeling af kvælstof (uden, dvs. x^* og med indregning af proteinværdi dvs. x^{**}) have værdien 1 (1 kg N pr. kg N). Disse værdier ligger alle i intervallet 0,7-1,0 for mineralisering (nul) og 0,8-1,0 for tildeling (x^* og x^{**}) og dermed tæt på 1,0 (Tabel 12). Dette bekræfter, at den ekspertvurderede eftervirkning af husdyrgødning, set med modellens øjne, er et godt bud på den reelle eftervirkning.

Tabel 12. Estimeret værdi af Normudvalgets eftervirkning og kvælstofprognose (Uddrag fra Tabel 10).

	Udbytte		Protein	Udbytte og protein
Parameter	nul	x^*	nul	x^{**}
Eftervirkning (Ler)	1,0 ^{***}	-1,0 ^{***}	1,0	-0,9 ^{**}
Eftervirkning (Sand)	0,7 ^{**}	-0,8 ^{**}	1,0	-0,8 [*]
Prognose	0,2	0,6 [*]	0,9	0,8 [*]

Kontrol af 1. marts prognose mod normudvalgets kvælstofprognose

Hvert forår udarbejdes der en kvælstofprognose for Normudvalget, der angiver, hvor meget årets kvælstofbehov i det tidlige forår afviger fra tidligere år. Prognosen er baseret på N-min målinger i februar suppleret med modelberegninger. Kvælstofbehovet og N-min målingerne i høj grad afhænger af nedbør, temperatur og afstrømning mv. i efteråret og vinteren. Derfor kan der forventes en god sammenhæng mellem det modelberegnete kvælstofbehov (Tabel 13) og kvælstofprognoserne (Figur 16).

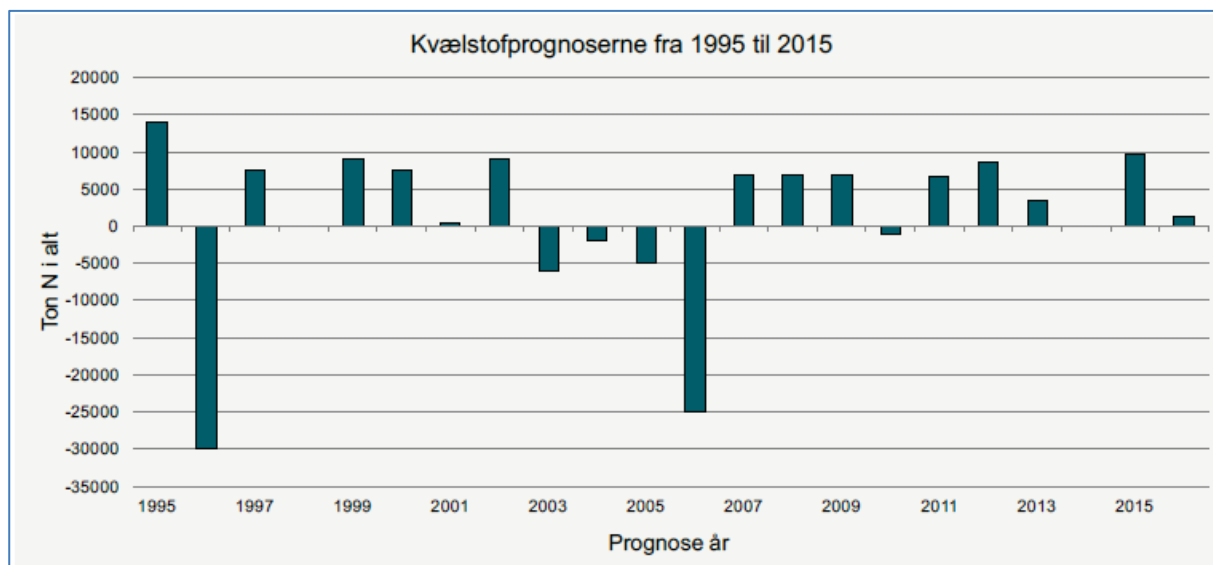
Det modelberegnete kvælstofbehov pr. 1 marts kan beregnes ved hjælp af de i alt 14 "gule parametre" angivet i Tabel 6. Ændringerne i kvælstofbehovet pr. 1 marts er vist i Tabel 13.

Tabel 13. Modelberegnet afvigelse i kvælstofbehovet pr. 1 marts 1995-2015 (Kg N pr. ha).

Andel Høstår	9% jb13	34% jb24	45% jb56	12% jb79	100% Alle
1995	9,2	14,1	9,4	8,2	10,8
1996	-29,5	-28,7	-26,5	-26,2	-27,5
1997	-1,5	-0,4	1,0	2,6	0,5
1998	5,5	9,2	9,2	10,4	9,0
1999	-2,1	4,7	-1,7	-0,6	0,6
2000	9,3	12,7	10,5	10,7	11,1
2001	-1,8	1,4	1,4	10,7	2,2
2002	13,8	1,4	12,5	10,7	8,6
2003	-1,2	1,4	-0,4	-0,5	0,1
2004	-1,2	1,4	7,4	7,7	4,6
2005	-1,2	1,4	6,7	5,8	4,1
2006	-1,2	-14,4	-13,5	-13,3	-12,6
2007	13,2	15,2	9,5	8,5	11,6
2008	13,9	10,9	13,0	13,8	12,4
2009	-2,5	-5,8	-2,3	-1,9	-3,4
2010	-8,9	-10,5	-9,3	-8,9	-9,6
2011	-9,3	-9,0	-6,4	-4,5	-7,3
2012	9,2	9,1	8,5	7,6	8,7
2013	-16,2	-14,6	-15,0	-15,4	-15,0
2014	7,3	9,3	8,3	8,0	8,5
2015	13,4	16,1	11,0	10,5	12,9

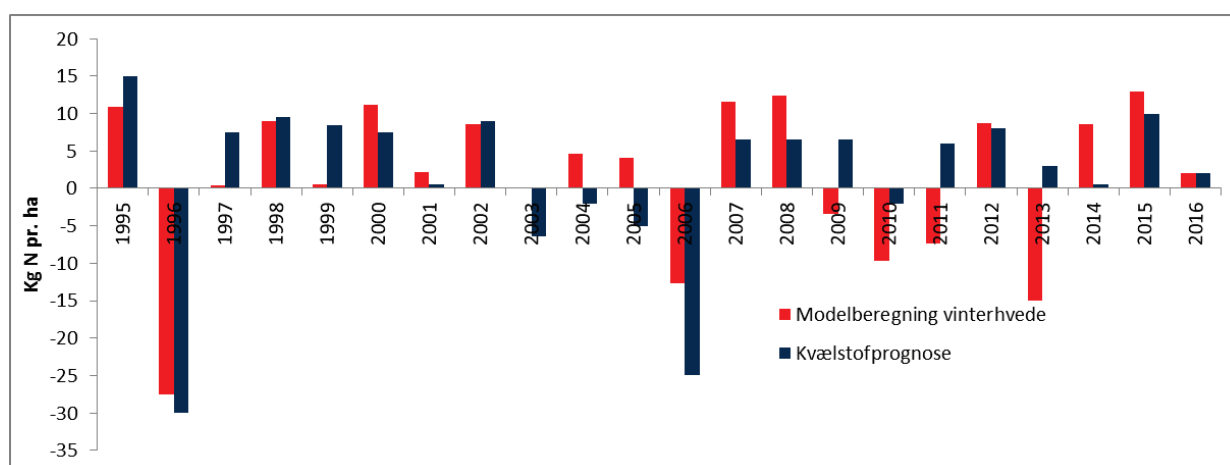
Med henblik på at kunne sammenligne kvælstofbehov pr. 1. marts med Kvælstofprognoserne 1995 til 2016 er kvælstofprognoserne (Figur 14) omregnet (delt med 10^6) fra tons N for hele landet til kg N pr. ha kg N pr. ha. og sammenlignet med den modelberegnete afvigelse i kvælstofbehovet pr. 1 marts (Figur 17).

I den 21 årige periode fra 1995 til 2015 er der kun væsentlige forskelle i niveauet for 1999, 2010, 2011 og 2013 og der er beregnet en korrelationskoefficient på 0,73 mellem de to opgørelser. Dette indikerer, at det kvælstofbehov, der kan opgøres med modellen pr. 1 marts, er relativ pålidelig. Med henblik på en mulig forbedring af modellen, vil det være relevant nærmere at undersøge årsagen til afvigelserne i 1999, 2010, 2011 og 2013.



Figur 16. Kvælstofprognoserne fra 1995 til 2015

Kilde: Oversigt over Landsforsøgene 2015 (Figur 9, p 221).



Figur 17. Modelberegnet 1. marts korrektion (rød) sammenlignet med omregnede/skalerede kvælstofprognoser (grønblå) fra 1995 til 2015.

Kontrol i forhold til indstillet kvælstofnormkvælstofnorm

En sammenligning af de indstillede kvælstofnormer for vinterhvede 2015 med optimal tildeling beregnet med den nye model (med indregning af proteinværdi **) viser en god korrelation (Tabel 14).

Tabel 14. Responsparametre samt optimal tildeling og udbytte for vinterhvede pr. jordtype m/u vinterraps som forfrugt m/u indregning af proteinværdi (* uden og ** med protein) (2005-2014).

Jordtype Forfrugt	jb13 Korn	jb24	jb56	jb79	jb13 Vinterraps	jb24	jb56	jb79
Y	83	83	98	99	86	85	100	101
nul	68	71	107	108	97	100	136	136
hat	245	256	319	336	244	255	318	335
x*	159	165	186	199	131	137	158	171
N	151	145	175	175	155	149	179	179
nul	137	137	184	173	181	181	227	217
hat	425	407	490	486	454	436	519	515
x**	176	180	205	218	149	152	177	191

x* beregnet (kg N/ha)	158	165	186	199	129	136	157	170
x** beregnet	175	180	204	218	145	151	175	190
Indstillet norm 2015			200	213				

Udbytte * (hkg/ha)	82,5	82,2	96,8	97,6	85,0	84,7	99,3	100
Udbytte **	83,1	82,9	97,6	98,4	85,6	85,3	100	101

9. Modelberegnet optimal kvælstoftildeling til vinterhvede med forfrugt korn

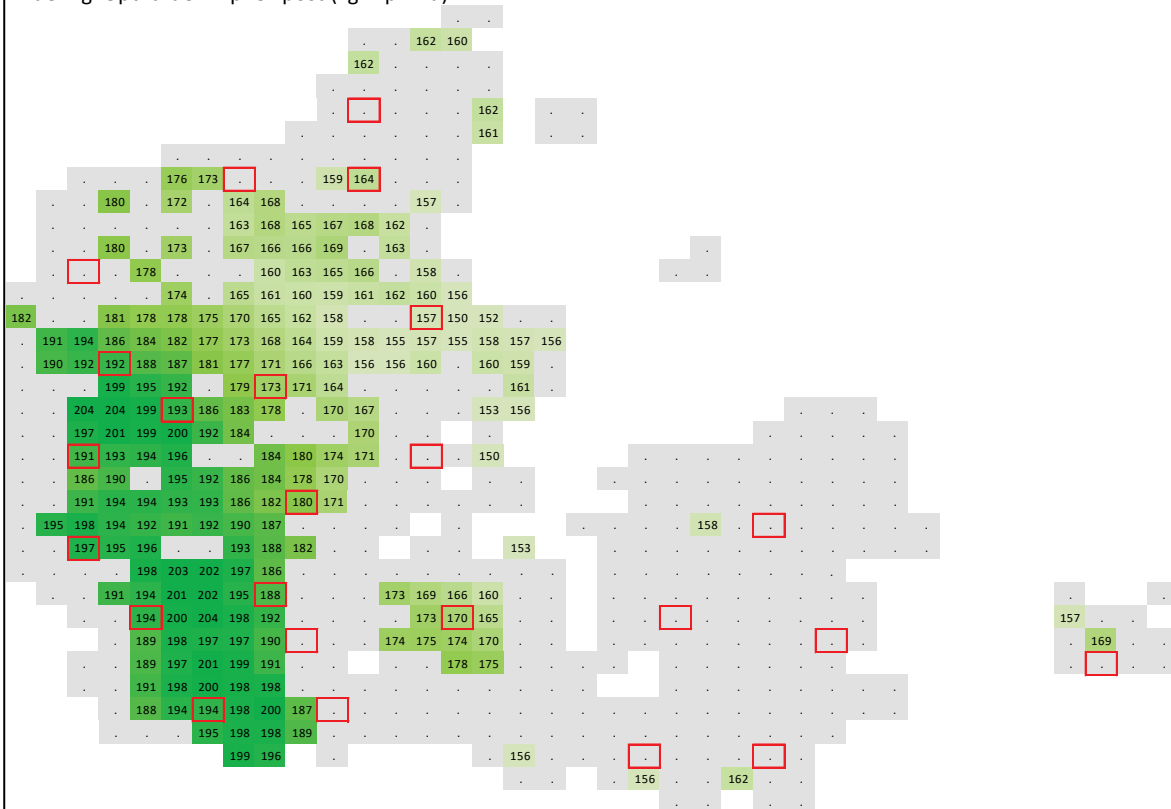
De følgende fire figurer (Figur 18-21) viser modelberegnet optimal kvælstoftildeling (kg N pr. ha) til vinterhvede med forfrugt korn på hhv. jb13, jb24, jb56 og jb79 i gennemsnit 2015-2014.

Røde firkanter angiver lokaliteter, hvor der gennem tiden er gennemført særlig mange landøkonomiske forsøg. Farveskala i øverste højre hjørne angiver vægtet gennemsnitsværdi (grøn) plus/minus 2 standardafvigelser (hhv. lysegrøn og mørkegrøn). Vægtning er baseret på antal ha med vinterhvede på den pågældende jordtype i de enkelte klimagrid (10 x 10 km). Der vises kun værdier for grids med mere end 50 ha vinterhvede.

Opt. tildel. mp. 2005-2014 (kg N pr. ha) for JB13 med forfrugt korn

150 181 213

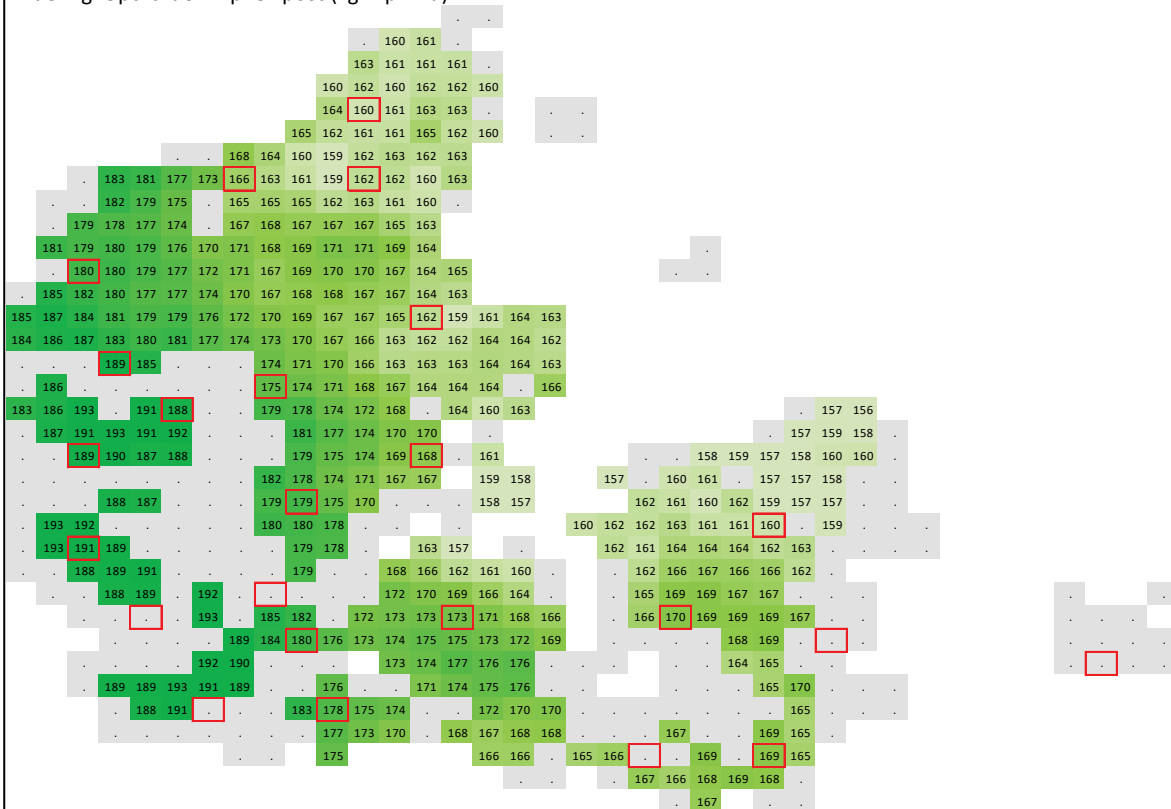
Tildeling: Opt. tildel. mp. ex post (kg N pr. ha)



Opt. tildel. mp. 2005-2014 (kg N pr. ha) for JB24 med forfrugt korn

152 168 184

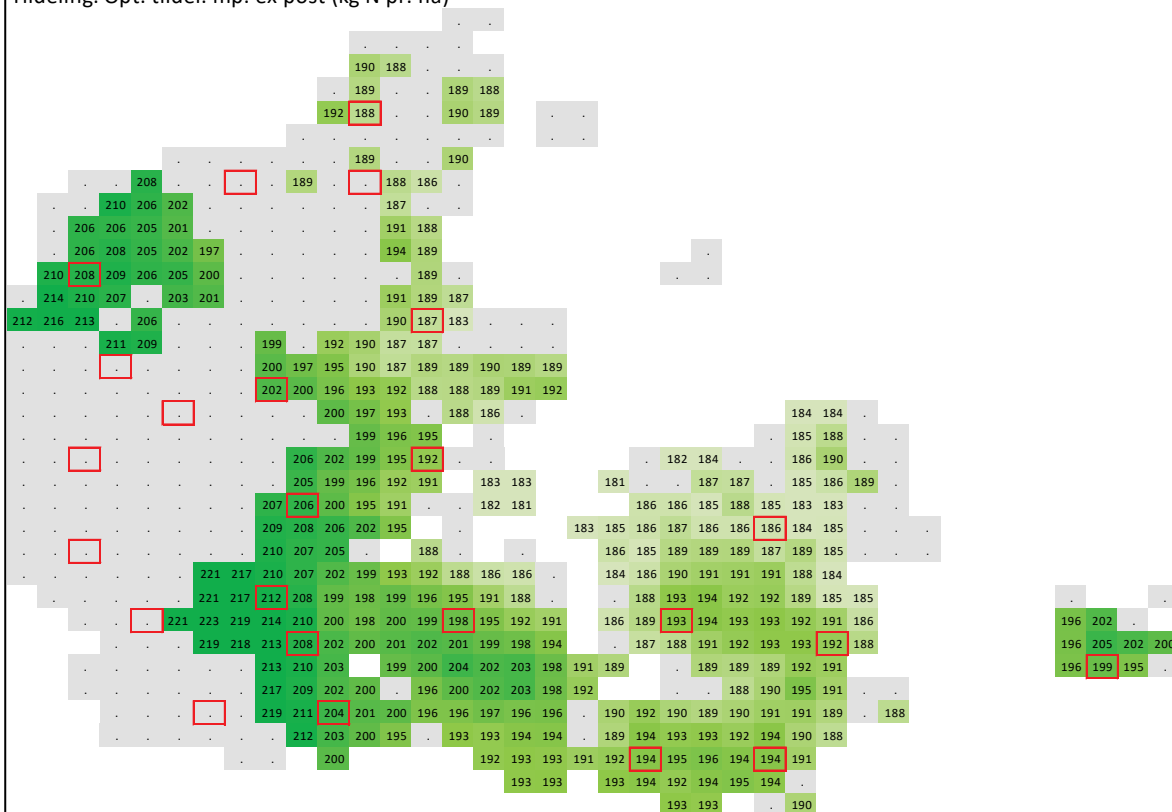
Tildeling: Opt. tildel. mp. ex post (kg N pr. ha)



Opt. tildel. mp. 2005-2014 (kg N pr. ha) for JB56 med forfrugt korn

180 196 212

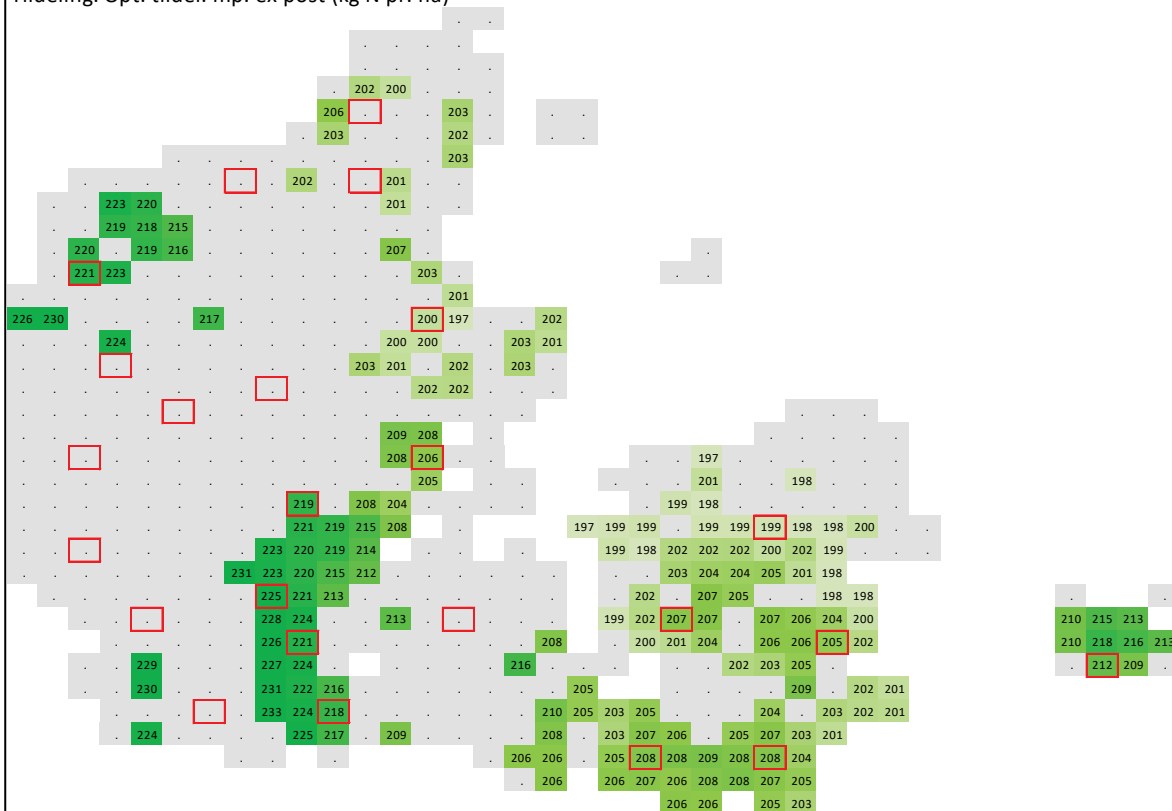
Tildeling: Opt. tildel. mp. ex post (kg N pr. ha)



Opt. tildel. mp. 2005-2014 (kg N pr. ha) for JB79 med forfrugt korn

192 208 224

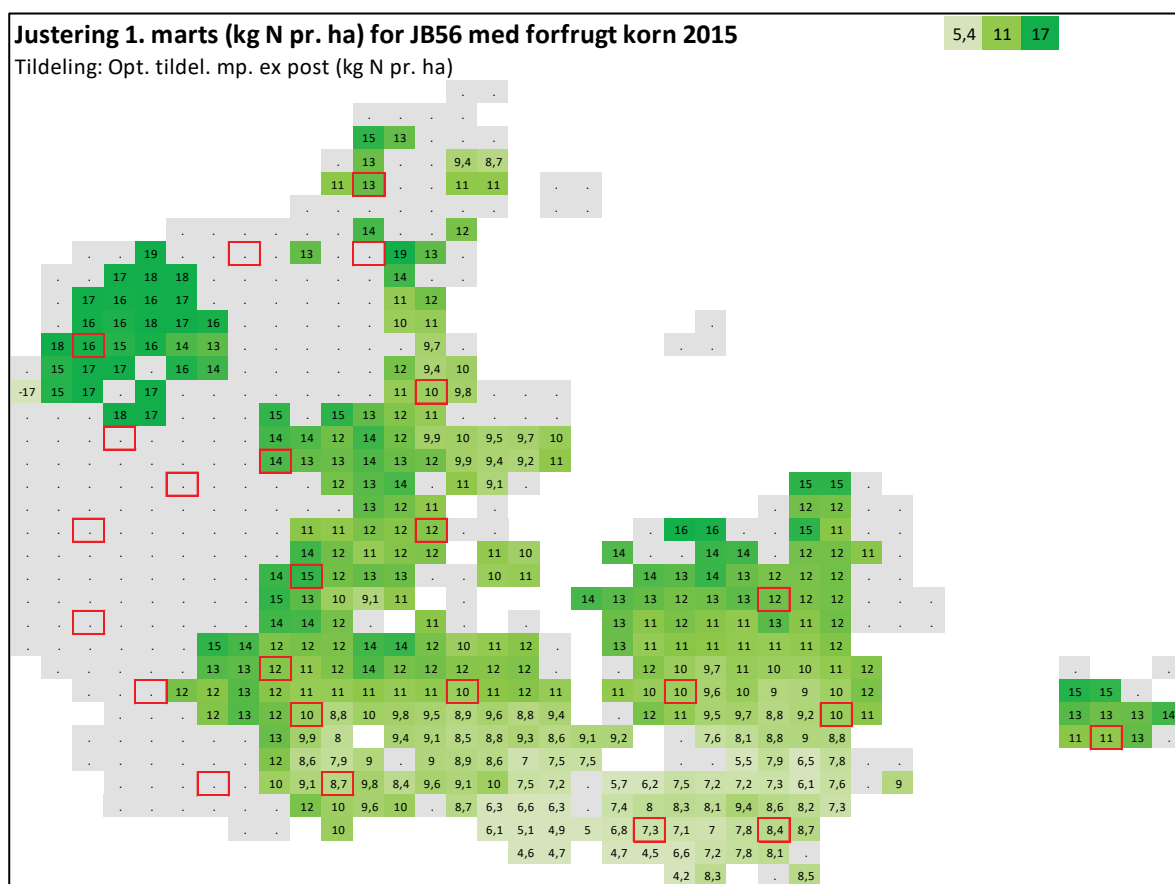
Tildeling: Opt. tildel. mp. ex post (kg N pr. ha)



10. Justeret og optimal N-tildeling samt udbytte, proteinindhold og nettoudbytte 2015

De følgende figurer (Figur 22-26) viser modelberegnet justering af optimal kvælstoftildeling (kg N pr. ha) til vinterhvede med forfrugt korn på j56 pr. første marts 2015 (Figur 16) samt den modelberegnete endelige, ex post beregnede, optimale kvælstoftildeling, kerneudbytte (Y), protein pct. samt nettoudbytte (Netto)(Figur 17-20).

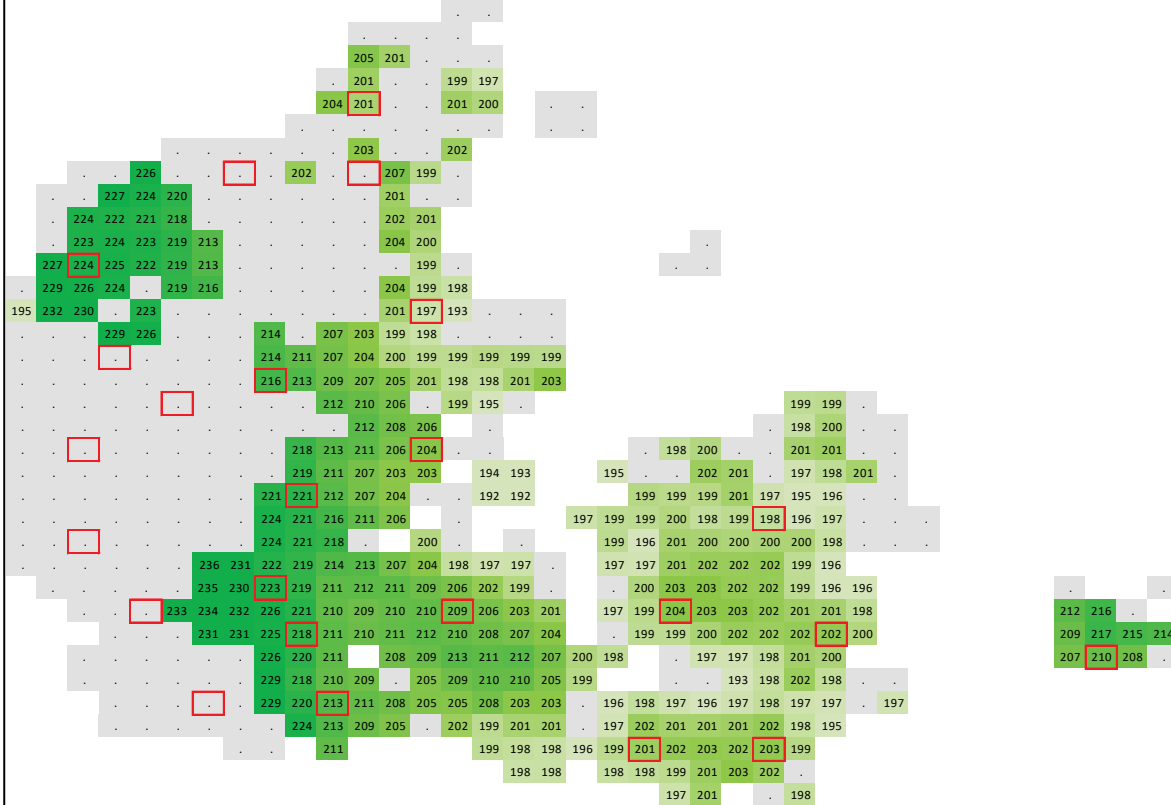
Røde firkanter angiver lokaliteter med særlig mange forsøg. Farveskala i øverste højre hjørne angiver vægtet gennemsnitsværdi (grøn) plus/minus 2 standardafvigelser (hhv. lysegrøn og mørkegrøn). Vægtning er baseret på antal ha med vinterhvede på den pågældende jordtype i de enkelte klimagrid (10 x 10 km). Der vises kun værdier for grids med mere 50 ha vinterhvede.



Prognose 1. marts (kg N pr. ha) for JB56 med forfrugt korn 2015

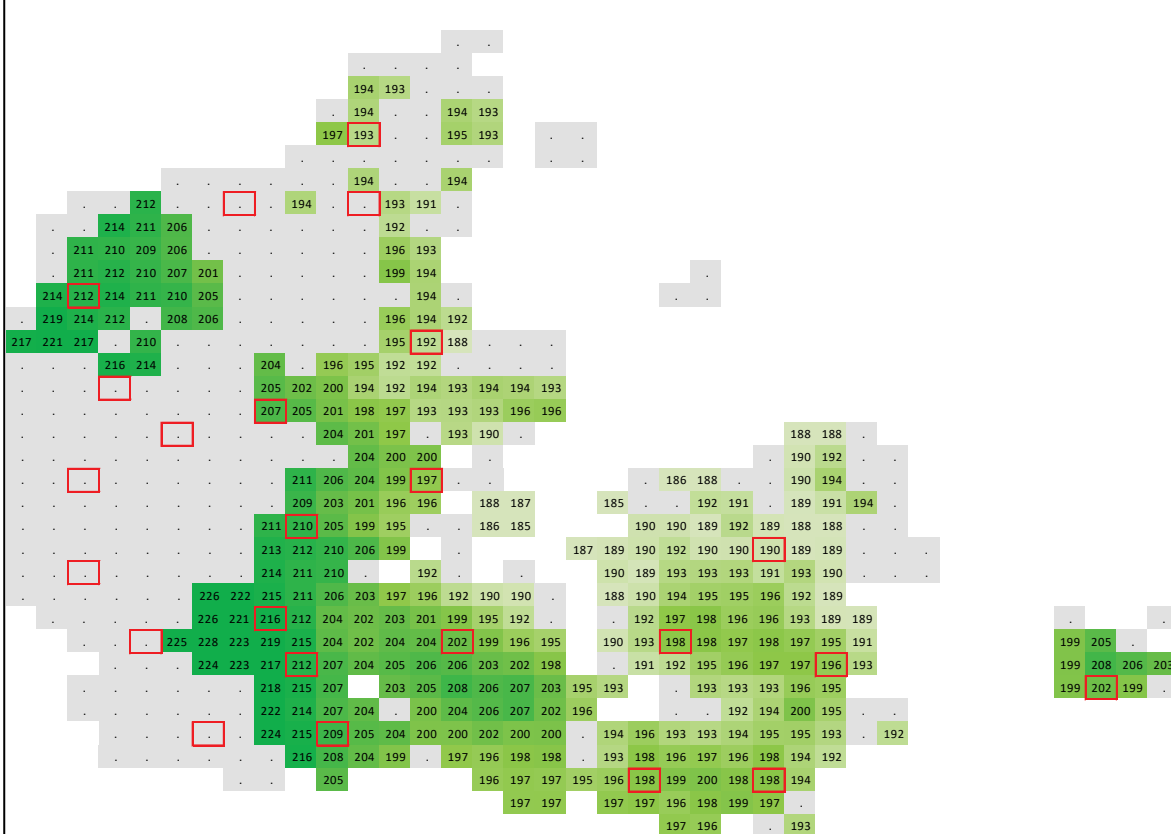
190 207 224

Tildeling: Opt. tildel. mp. ex ante (kg N/ha) (0% reduk.)



Opt. tildel. mp. ex ante (kg N/ha) (0% reduk.) for JB56 med forfrugt korn 2015

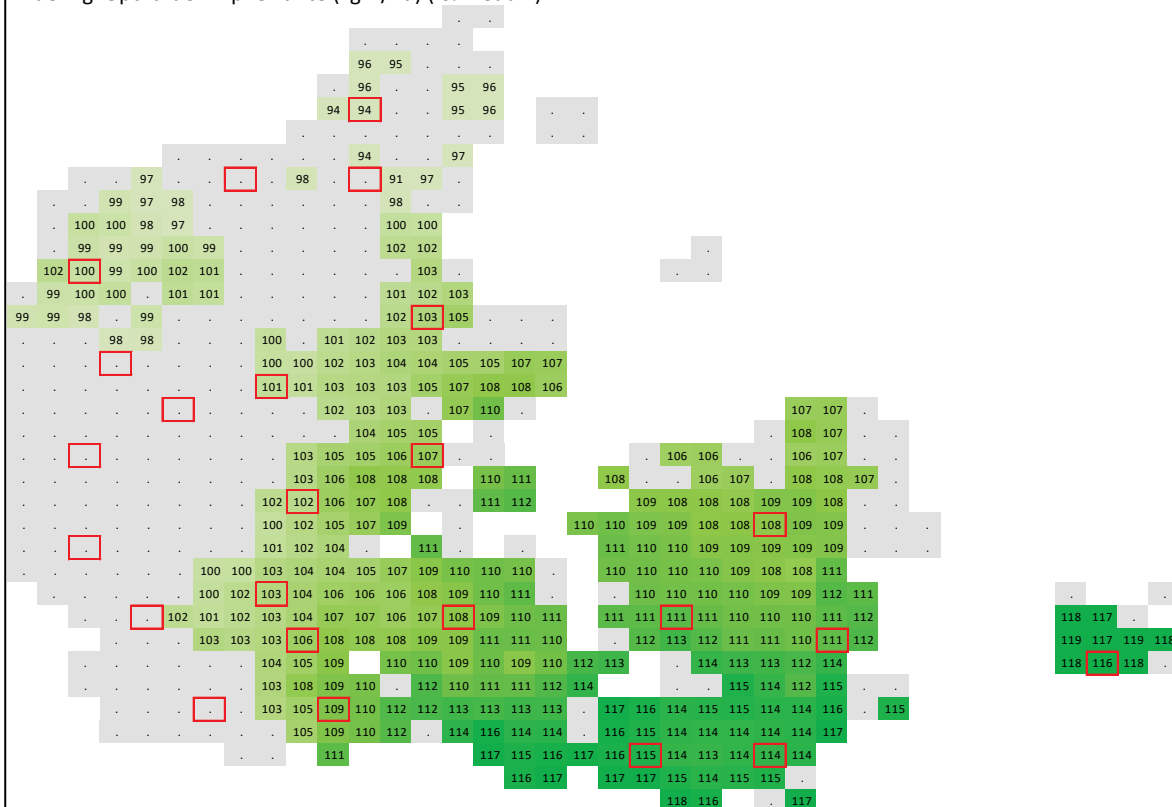
184 200 216



Kerneudbytte Y() for JB56 med forfrugt korn 2015

99 108 118

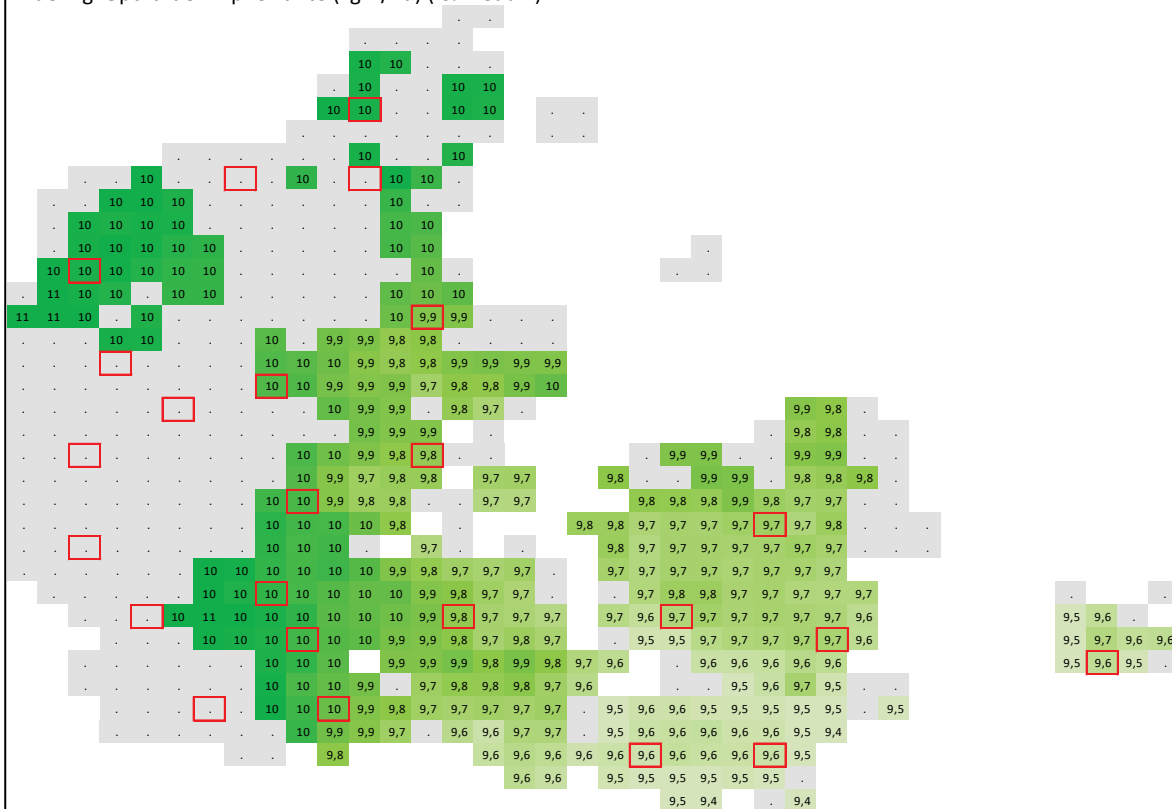
Tildeling: Opt. tildel. mp. ex ante (kg N/ha) (0% reduk.)



Protein pct. i tørstof for JB56 med forfrugt korn 2015

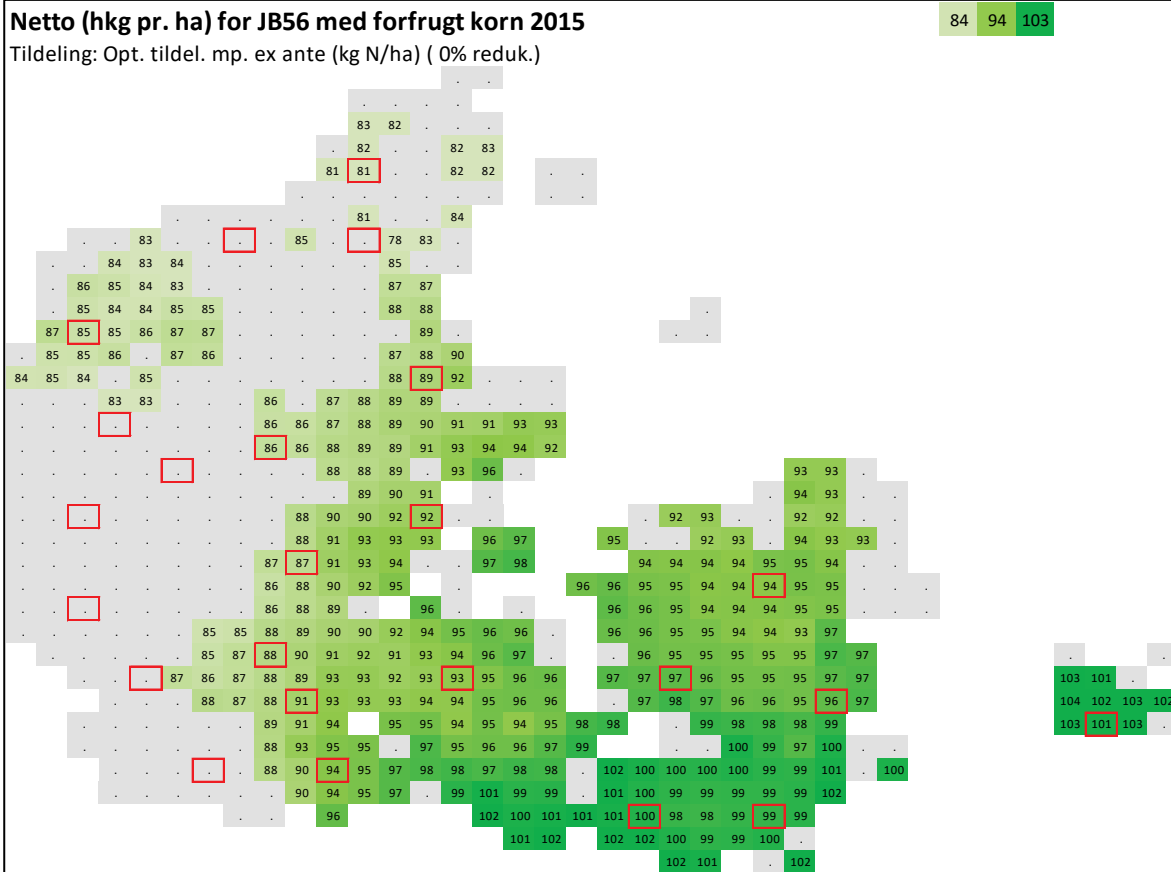
9,4 9,8 10

Tildeling: Opt. tildel. mp. ex ante (kg N/ha) (0% reduk.)



Netto (hkg pr. ha) for JB56 med forfrugt korn 2015

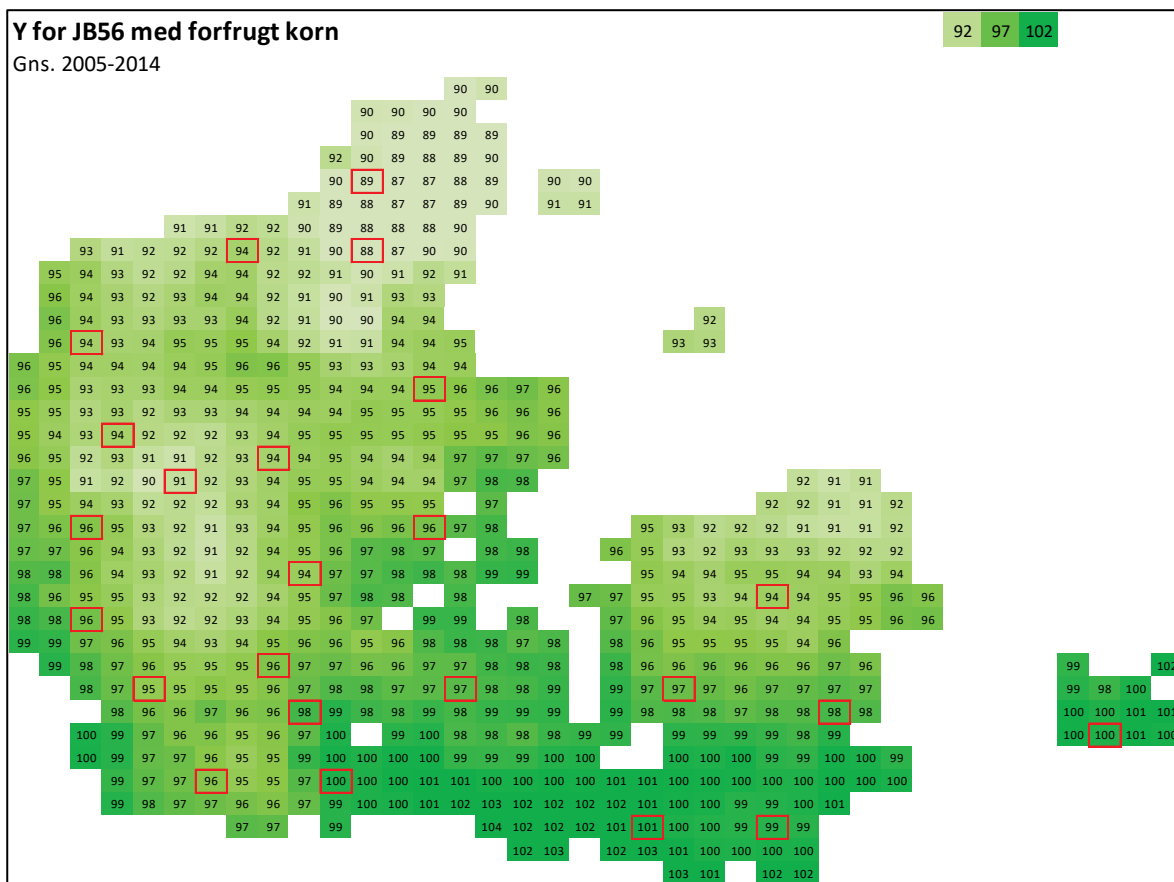
Tildeling: Opt. tildel. mp. ex ante (kg N/ha) (0% reduk.)



11. Regionale responsparametre for kerneudbytte

De følgende figurer (Figur 27-29) viser gennemsnitlige estimerede responsparametre for kerneudbytte i vinterhvede med forfrugt korn på j**56j**56 2005-2014: **Y** (udbytte potentiale, hkg pr. ha), **x nul** (mineraliseret, plantetilgængeligt kvælstof, kg N pr. ha), **hat** (samlet mængde kvælstof, der kræves for maksimalt kerneudbytte, kg N pr. ha).

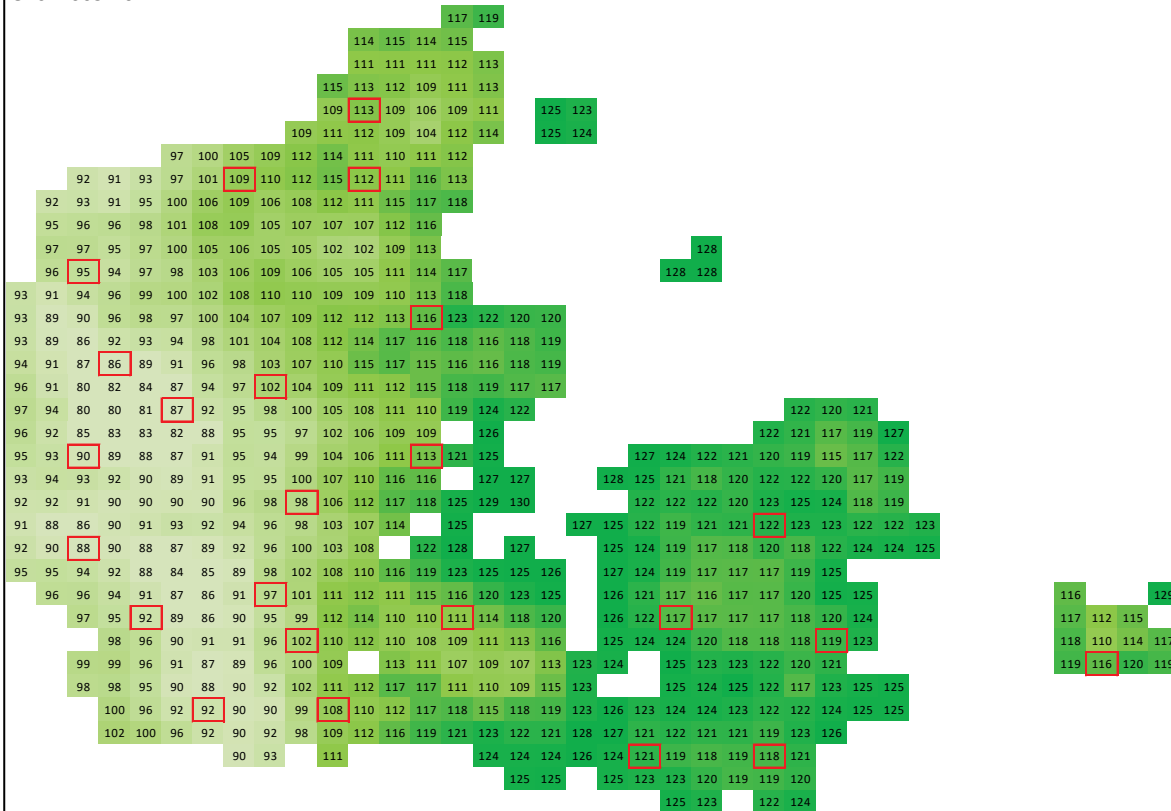
Røde firkanter angiver lokaliteter med særlig mange forsøg. Farveskala i øverste højre hjørne angiver vægtet gennemsnitsværdi (grøn) plus/minus 2 standardafvigelser (hhv. lysegrøn og mørkegrøn). Vægtning er baseret på antal ha med vinterhvede på den pågældende jordtype i de enkelte klimagrid (10 x 10 km). Der vises værdier for alle grids.



x nul for JB56 med forfrugt korn

Gns. 2005-2014

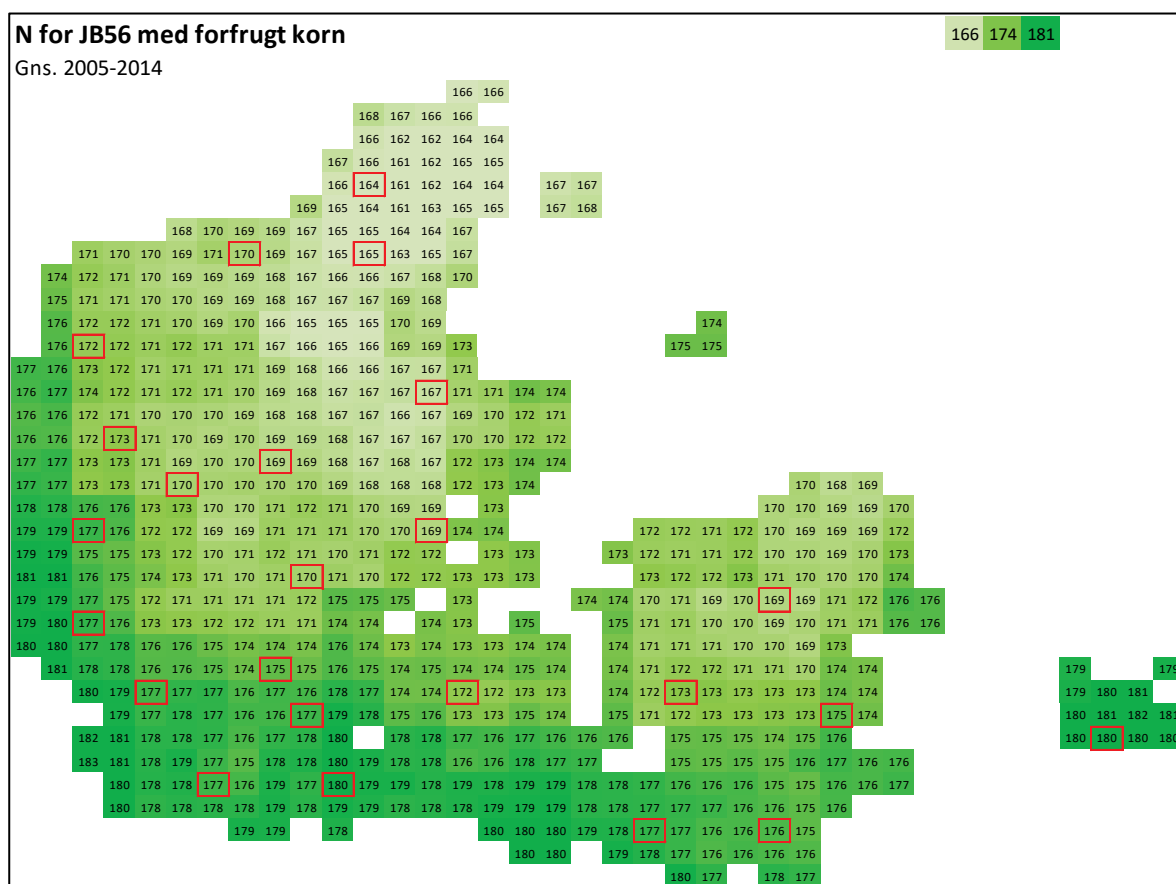
96 113 131



12. Regionale responsparametre for kvælstofoptagelse (kerneprotein)

De følgende figurer (Figur 30-32) viser gennemsnitlige estimerede responsparametre for kerneudbytte i vinterhvede med forfrugt korn på bj56 2005-2014: **N** (Maksimal kvælstofoptagelse, kg N pr. ha), **x nul** (mineraliseret, plantetilgængeligt kvælstof, kg N pr. ha), **n hat** (samlet mængde kvælstof, der kræves for maksimalt kerneudbytte, kg N pr. ha).

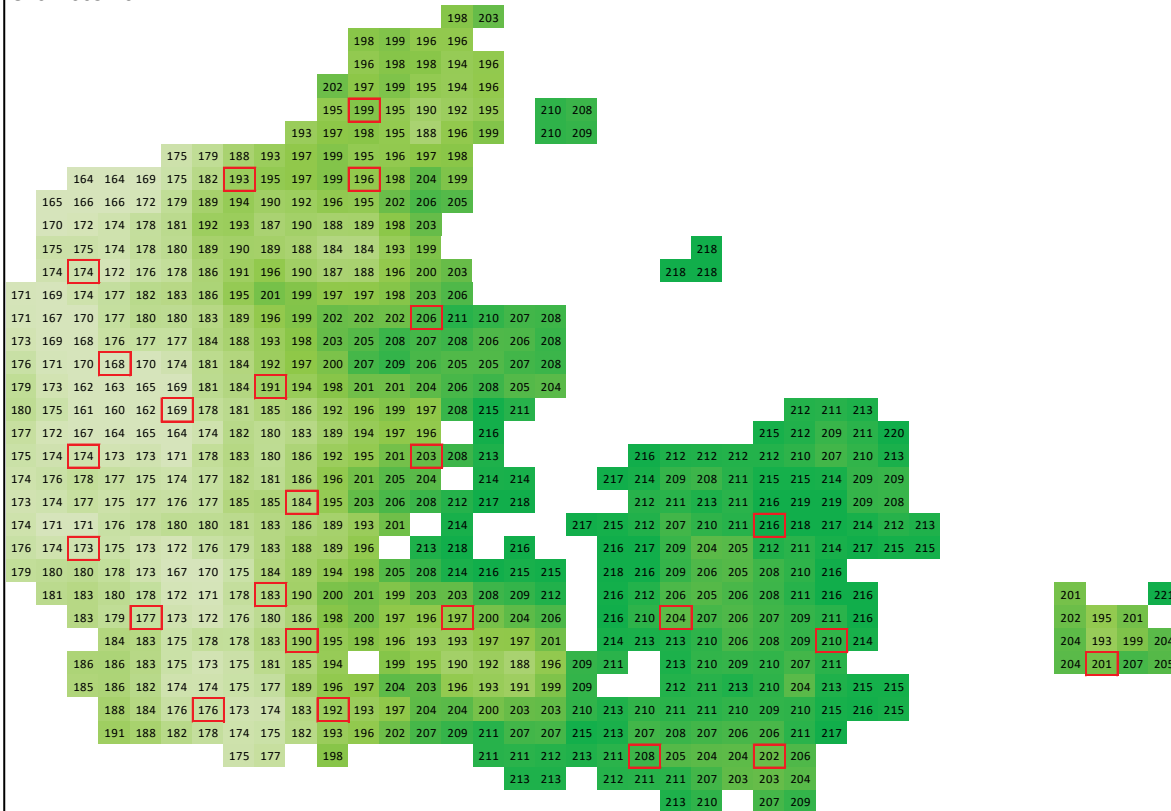
Røde firkanter angiver lokaliteter med særlig mange forsøg. Farveskala i øverste højre hjørne angiver vægtet gennemsnitsværdi (grøn) plus/minus 2 standardafvigelser (hhv. lysegrøn og mørkegrøn). Vægtning er baseret på antal ha med vinterhvede på den pågældende jordtype i de enkelte klimagrid (10 x 10 km). Der vises værdier for alle grids.



x nul N for JB56 med forfrugt korn

178 200 223

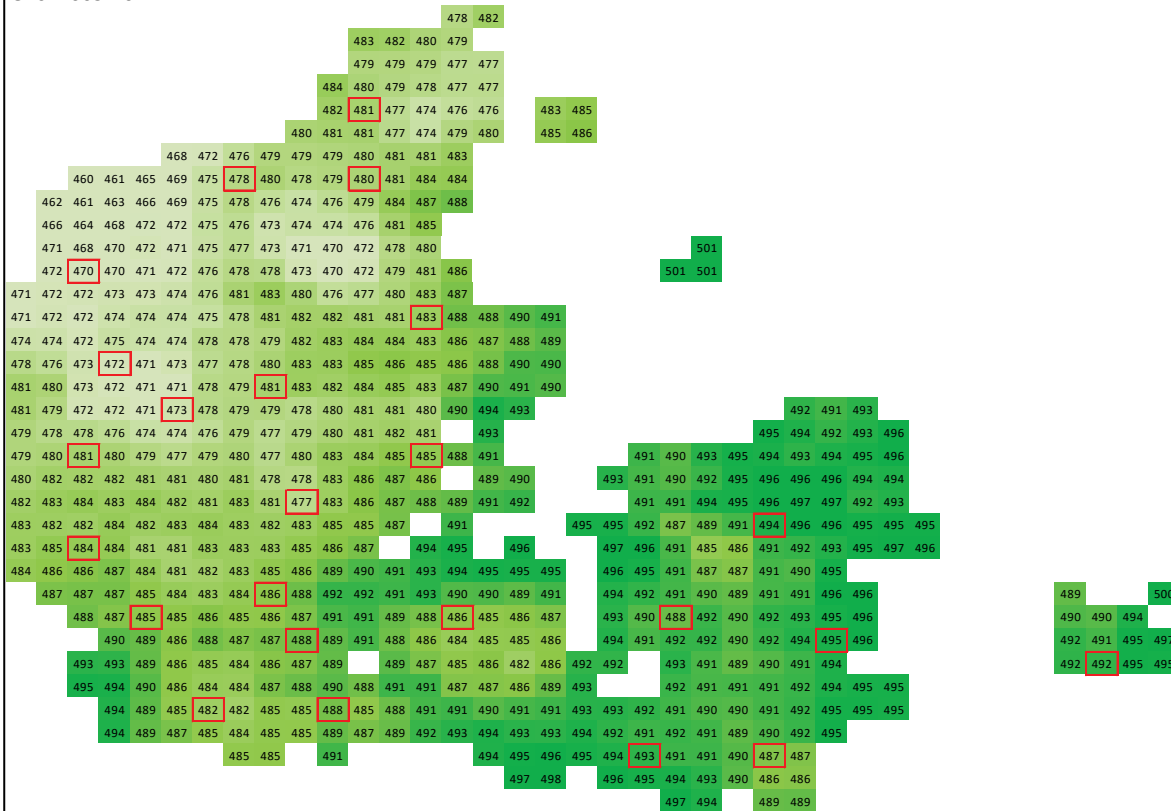
Gns. 2005-2014



n hat N for JB56 med forfrugt korn

476 488 500

Gns. 2005-2014



13. Uddrag fra LFST bestilling

Konsolidering af beregningsforudsætninger for økonomisk optimale kvælstofnormer

I forbindelse med IFRO's arbejde med notatet "omkostninger ved lavere normer" blev det bemærket at der er behov for en afklaring af responsfunktioner der indgår i disse beregninger. Derfor er der i forhold til fremtidige beregninger behov for at konsolidere responsfunktionerne. I forbindelse med udførelsen af økonomiske analyser der vedrører kvælstofnormer, anvendes forskellige forudsætninger og funktioner. Som ovenfor beskrevet er der behov for en konsolidering af disse, så der anvendes samme forudsætninger og funktioner i beregninger af omkostninger ved forskellige niveauer af normer. Følgende beregningsforudsætninger ønskes konsolideret: 1) De anvendte produktionsfunktioner 2) Værdien af protein og den afledte effekt på økonomisk optimum og 3) Opgørelse af kort- og langsigteeffekt på udbytter. Det ønskes at IFRO inddrager AU og SEGES i afklaringen, så at der, hvor det er muligt, opnås konsensus mellem institutionerne om de ovennævnte beregningsforudsætninger. Det ønskes at IFRO kommer med et oplæg til tidsplan for arbejdet i den nærmeste fremtid.

Referencer

- CruTSCRU TS 4.00 Station data (metadata): The CRU TS 4.00 station files are available from the CEDA Archive at: http://data.ceda.ac.uk/badc/cru/data/cru_ts/cru_ts_4.00/station
- Harris I.C., Jones P.D. (2017). CRU TS4.00: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) version 4.00 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (Jan. 1901- Dec. 2015). University of East Anglia Climatic Research Unit. Centre for Environmental Data Analysis, 25 August 2017. doi:10.5285/edf8febfaad48abb2cbaf7d7e846a86. <http://dx.doi.org/10.5285/edf8febfaad48abb2cbaf7d7e846a86>
- Knudsen L. (2015). Gødskning. Stigende mængder kvælstof. Oversigt over Landsforsøgene 2015. SEGES. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Landsforsoeg-og-resultater/Oversigten-og-tabelbilaget/Sider/Oversigten_Landsforsoegene_2015_web.pdf?download=true
- Levenberg–Marquardt algorithm. From Wikipedia, the free encyclopedia https://en.wikipedia.org/wiki/Levenberg%E2%80%93Marquardt_algorithm
- NASA (2017). NASA/POWER Agroclimatology Daily Averaged Data. <http://power.larc.nasa.gov>
- NaturErhvervstyrelsen (2015). Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2014 til 31. juli 2015. Revideret 10. februar 2015. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. http://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings-og_harmoniregler_2014-2015.pdf
- Normudvalget ().
- Landsforsøgene (2017). Oversigt over Landsforsøgene. SEGES, mange årgange.
- Scharling M. (2013). Climate Grid Denmark. Dataset for use in research and education. Daily and monthly values 1989-2010. DMI teknisk rapport No. 12-10. <http://beta.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/TR/tr12-10.pdf>
- Sortinfo (2017). <https://sortinfo.dk/Oversigt.asp>
- Værge A.B. (2015). Udvikling af vinterhvedesorter over 30 år i Danmark (1984-2014). Development of winter wheat cultivars in Denmark over the last 30 years (1984-2014). http://library.au.dk/fileadmin/www.bibliotek.au.dk/fagsider/jordbrug/Specialer/Udvikling_af_vinterhvedesorter.pdf